Programme FoXta

Partie H : Module GROUPIE

TABLE DES MATIERES

Programme FoXta

Partie H : Module GROUPIE

H.1. ASPECT THEORIQUE

GROUPIE permet le calcul d'une fondation sur pieux dans le cas où la semelle de liaison peut être supposée parfaitement rigide. Le principe consiste à caractériser chaque pieu par une matrice de raideur équivalente en tête, définie dans chacun des axes, et à résoudre l'équilibre de la semelle de liaison soumise aux réactions des pieux et au torseur des efforts extérieurs appliqués.

La méthode de calcul a été décrite de manière détaillée par MILLAN (Annales ITBTP Sols et Fondations N°79-Octobre 1982, pp 45-79) dans le cas d'un problème plan (groupe symétrique) et de réactions en tête des pieux parfaitement élastiques.

H.1.1. Principe de calcul

Le programme GROUPIE développé par TERRASOL généralise ce principe au cas :

- d'un problème tridimensionnel :

  Il est ainsi possible de traiter le cas d'un groupe quelconque de pieux qu'il soit symétrique ou non. De plus, le point de vue tridimensionnel permet de faire intervenir les efforts de torsion.

- d'un problème non linéaire :

  Le programme donne la possibilité de définir la raideur en tête dans un domaine non élastique. Elle est uniquement définie comme la raideur tangente équivalente. Le cas d'une couche de sol plastifiée peut ainsi être considéré et il en est de même pour les cas mettant en jeu un déplacement libre du sol.

H.1.1.1. Définition de la position du pieu dans l'espace

La localisation des pieux du groupe est définie par deux coordonnées et deux angles. Les deux coordonnées représentent la position de la tête du pieu et les deux angles sont définis par (voir Figure H.1) :

- α est l'angle existant entre la direction du pieu et la verticale;
- β est l'angle défini par la rotation du pieu autour de l'axe Z, c'est-à-dire la verticale.

La tête d'un pieu est toujours définie en supposant que sa cote est égale à celle de la semelle, c'est-à-dire à la cote de référence.

On appelle $(O\vec{X}\vec{Y}\vec{Z})$ le repère global et $(P\vec{x}\vec{y}\vec{z})$ le repère local. La matrice de passage U entre les deux repères est définie comme suit :

Soient X les coordonnées d'un vecteur défini dans le repère global et x les coordonnées de ce même vecteur dans le repère local du pieu, alors :

$$X = \underline{\underline{U}} \cdot x \qquad \text{avec} \quad U = \begin{pmatrix} \cos\alpha \cdot \cos\beta & -\sin\beta & \sin\alpha \cdot \cos\beta \\ \cos\alpha \cdot \sin\beta & \cos\beta & \sin\alpha \cdot \sin\beta \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{pmatrix}$$

H.1.1.2. Définition des caractéristiques mécaniques du système sol/pieu.

Le pieu est caractérisé, dans son repère local, par 20 paramètres qui définissent :

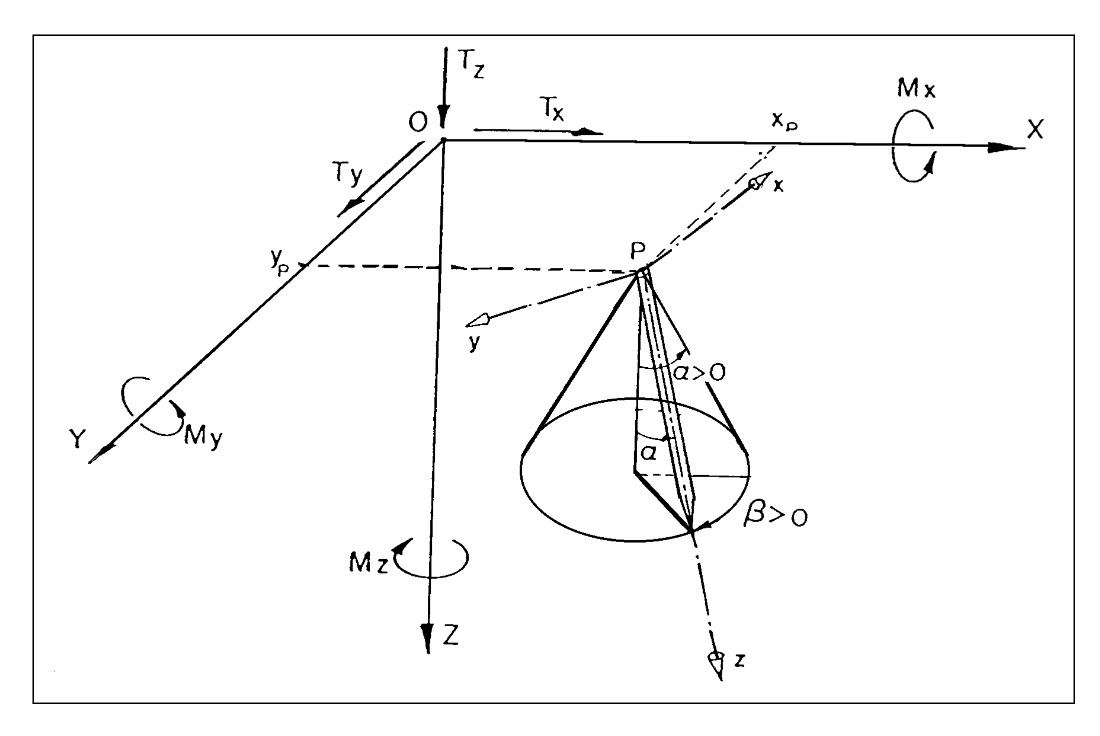
(a) sa situation de référence;
(b) son comportement en flexion;
(c) son comportement en compression;
(d) son comportement en torsion.

En les regroupant sous forme d'une matrice de raideur et de deux vecteurs définissant la situation de référence, il est possible de définir les efforts dans le pieu quel que soit son déplacement, et inversement.

$$\begin{pmatrix} T_x \\ M_y \\ T_y \\ M_x \\ T_z \\ M_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_{x0} \\ M_{y0} \\ T_{y0} \\ M_{x0} \\ T_{z0} \\ M_{z0} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \rho_1 & \rho_2 & & & & \\ \rho_2 & \rho_3 & & & & \\ & & \rho_4 & -\rho_5 & & \\ & & -\rho_5 & \rho_6 & & \\ & & & & \mu & \\ & & & & & \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_x - \delta_{x0} \\ \delta\omega_y - \delta\omega_{y0} \\ \delta_y - \delta_{y0} \\ \delta\omega_x - \delta\omega_{x0} \\ \delta_z - \delta_{z0} \\ \delta\omega_z - \delta\omega_{z0} \end{pmatrix}$$

(a) Ainsi, dans cette formulation, T_{x0}, M_{y0}, T_{y0}, M_{x0}, T_{z0}, M_{z0}, δ_{x0}, $\delta\omega_{y0}$, δ_{y0}, $\delta\omega_{x0}$, δ_{z0}, $\delta\omega_{z0}$ définissent la situation de référence pour évaluer la raideur tangente équivalente du pieu.

(b) Les coefficients ρ_i sont les coefficients d'élasticité croisés en tête du pieu dans chacune des directions principales vis à vis des efforts latéraux. Ces coefficients peuvent être calculés par le programme PIECOEF, qui fonctionne aussi bien dans le cas d'une réaction latérale élastique que plastique. Cette dernière possibilité permet de prendre en compte des déplacements imposés du sol de fondation (courbe g(z)).



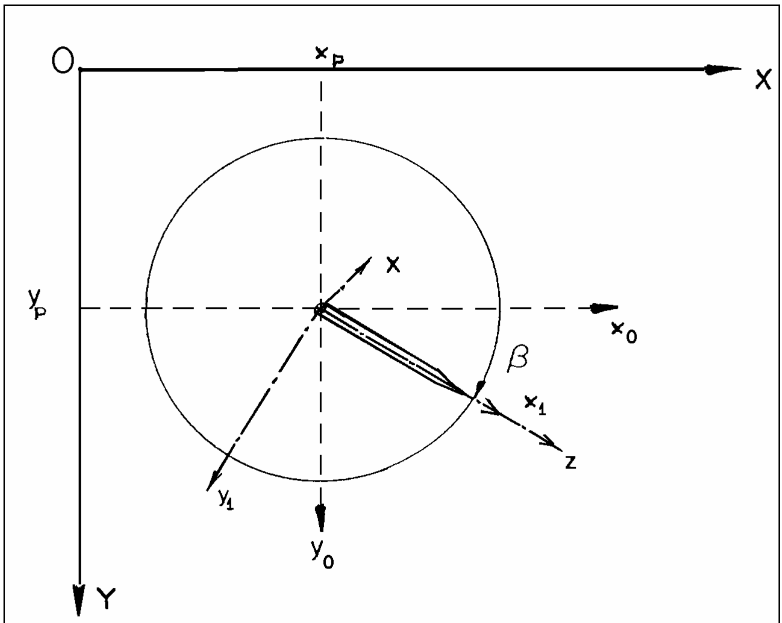


Figure H.1 : Définition de la géométrie de chaque pieu

(c) La raideur verticale μ dépend des hypothèses de comportement du pieu. Dans le cas d'un comportement élastique parfait, sans tenir compte de la contribution du sol situé autour, elle est égale à :

$$\mu = \frac{ES}{L}$$

avec : E : le module d'Young du pieu
S : la section du pieu
L : la longueur du pieu

Lorsque la compression du pieu est considérée de façon plus complète, la valeur de μ est obtenue grâce à un calcul TASPIE.

(d) La raideur γ représente la raideur en torsion du poteau supposé bloqué à sa base. Elle peut se mettre sous la forme suivante lorsqu'on néglige la contribution du sol autour du pieu :

$$\gamma = \frac{G \cdot K}{L}$$

avec : $G = E/2.(1+\nu)$ Module de cisaillement du pieu

$K = \pi.R^4/2$ pour une section circulaire pleine

R

$K = b.e^3/3$ pour une section rectangulaire allongée

e

b

NOTA : Le signe des **coefficients** ρ_i résulte directement du choix d'un repère orthonormé direct avec z vers le bas pour définir les déplacements et rotations. Cependant, lors de la saisie, les valeurs **sont à rentrer en valeur absolue**, le programme leur affectant directement le signe correspondant aux conventions choisies.

H.1.1.3. Equilibre de la semelle

Les forces extérieures appliquées à la semelle étant connues, les équations d'équilibre permettent de déterminer les valeurs des déplacements et rotations de la semelle supposée infiniment rigide, ainsi que les efforts en tête de chaque pieu.

ATTENTION : Le torseur des forces extérieures appliquées à la semelle est défini à l'origine du repère (X=0,Y=0,Z=0).

H.1.2. Applications et limites d'utilisation

A partir de données de raideur découlant d'un premier calcul PIECOEF, GROUPIE permet d'engendrer des fichiers de données d'efforts et déplacements en tête pour des calculs PIECOEF complémentaires, qui permettent ainsi de connaître la distribution des efforts et des déplacements de chaque famille de pieux en fonction du chargement imposé sur la semelle.

Les pieux peuvent être soit encastrés, soit articulés à la semelle. Il est à noter, que l'articulation prise en compte est totale, c'est-à-dire qu'elle est présente dans toutes les directions de l'espace. Dans ces conditions, un portique simple articulé ne peut pas être modélisé car la semelle est alors dans une situation hypostatique.

H.2. MANUEL D'UTILISATION

On présente dans ce chapitre les paramètres nécessaire à l'exécution d'un calcul GROUPIE.

La fenêtre du module GROUPIE est constituée de 6 onglets. Dans la plupart des cas, l'onglet [Raideurs : Déplacements à l'origine] est invisible. Il n'apparaît que si la case à cocher "Avancé >>" située dans l'onglet [Raideurs : Efforts à l'origine] est activée. Par défaut cette option est décochée.

Pour effectuer un calcul GROUPIE , il est nécessaire de renseigner un certain nombre de paramètres qui seront précisés au fur et à mesure. Pour changer d'onglet, cliquer simplement sur l'onglet choisi ou sur les boutons [Suivant] ou [Précédent]. Toutes les fonctionnalités décrites dans la partie C s'appliquent à ce module.

H.2.1. Onglet 1 : Paramètres généraux

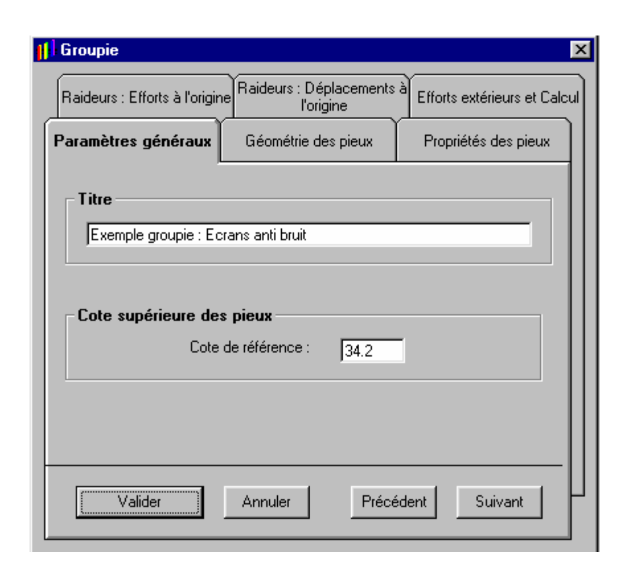
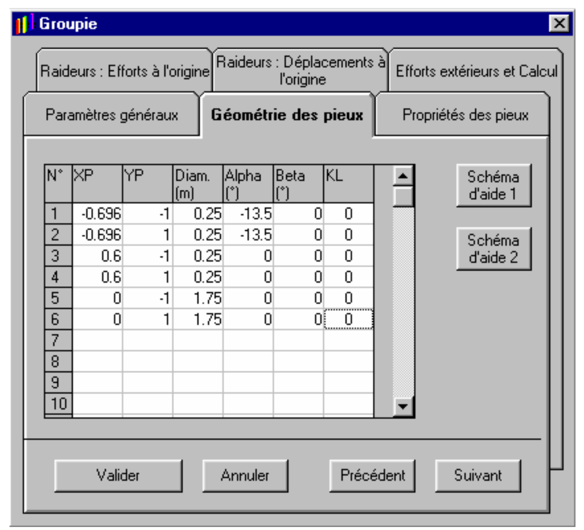


Figure H.2 : Module GROUPIE – Paramètres généraux.

Ce premier onglet comporte les informations suivantes :

- Le titre spécifique au module ; celui-ci ne peut comporter que 80 caractères;
- La cote supérieure des pieux, utilisée comme cote de référence.

H.2.2. Onglet 2 : Géométrie des pieux



N°	XP	YP	Diam. (m)	Alpha (°)	Beta (°)	KL
1	-0.696	-1	0.25	-13.5	0	0
2	-0.696	1	0.25	-13.5	0	0
3	0.6	-1	0.25	0	0	0
4	0.6	1	0.25	0	0	0
5	0	-1	1.75	0	0	0
6	0	1	1.75	0	0	0
7						
8						
9						
10						

Figure H.3 : Module GROUPIE – Géométrie des pieux.

Ce second onglet permet de définir les paramètres géométriques relatifs aux pieux (50 pieux au maximum) et à la liaison avec la semelle. Si nécessaire, les boutons [Schéma d'aide 1] et [Schéma d'aide 2] permettent de visualiser les paramètres Xp, Yp, Diam., Alpha et Beta. Les figures H.4a et H.4b illustrent les aides disponibles.

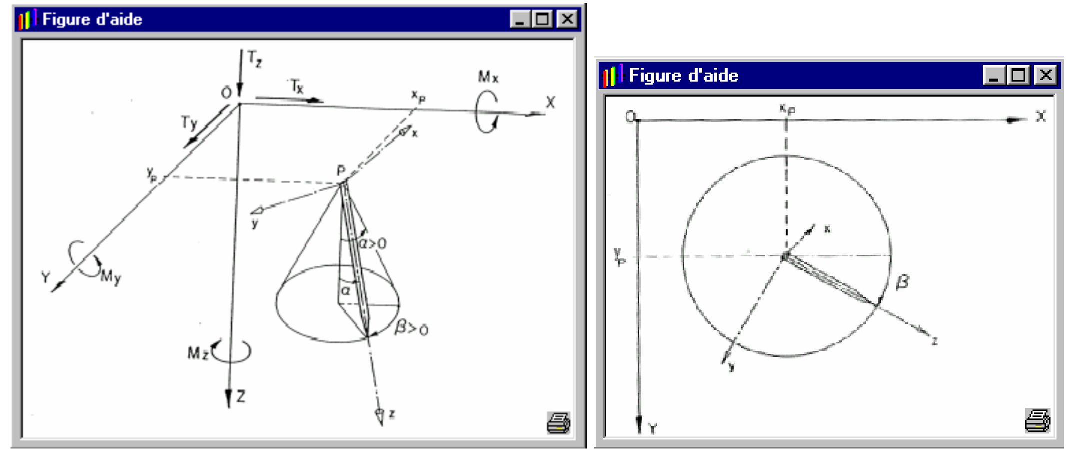


Figure H.4a et b : Module GROUPIE – Géométrie des pieux - Figures d'aide

Les valeurs doivent être introduites manuellement par l'utilisateur dans toutes les cases du tableau sur n lignes correspondant à n pieux. Seul le paramètre KL (liaison du pieu à la semelle) dispose d'une saisie automatique. Pour ce faire, Double-cliquer dans la colonne KL sur la ligne désirée.

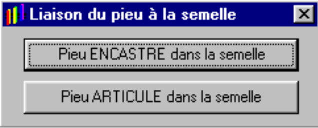


Figure H.5 : Liaison du pieu à la semelle

Choisir ensuite le type de liaison entre le pieu et la semelle :

- Pieu ENCASTRE dans la semelle : la valeur "0" est automatiquement écrite dans la case correspondante;
- Pieu ARTICULE dans la semelle : la valeur "1" est automatiquement écrite dans la case correspondante.

Les données à introduire sont :

- **XP, YP** : Coordonnées de la tête du pieu
- **Φ** (Diam.) : Diamètre du pieu (sans objet dans le calcul)
- **α et β** : Angles en degré définis sur la figure H.1
- **KP** : liaison du pieu à la semelle :
  = 0 pieu encastré dans la semelle
  = 1 pieu articulé dans la semelle

H.2.3. Onglet 3 : Propriétés des pieux

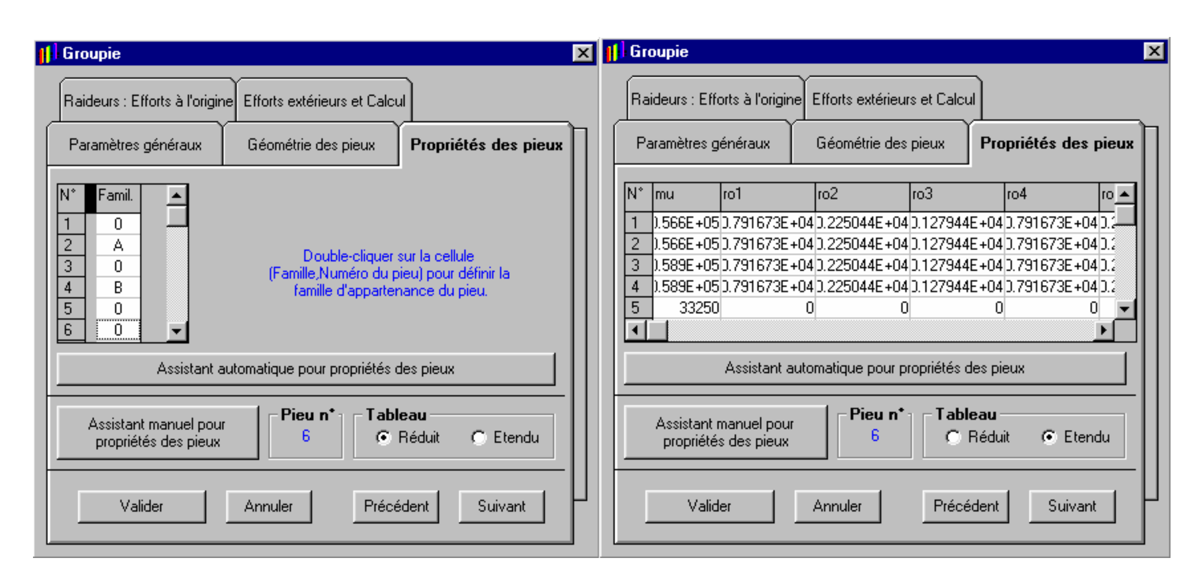


Figure H.6 : Module GROUPIE – Propriétés des pieux.

Fig. H.6a : Tableau réduit Fig. H.6b : Tableau étendu

Le troisième onglet permet la définition des paramètres indispensables à la réalisation d'un calcul GROUPIE. Ces paramètres sont au nombre de neuf :

- μ : Raideur longitudinale
- $\rho_{\iota\ (\iota = 1,..,6)}$: Coefficients croisés (en valeur absolue). Par défaut $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = 0$
- γ : Raideur relative à la torsion : $\gamma = \dfrac{G \cdot K}{L}$ (par défaut, $\gamma = 1$)

  avec : $G = E/2.(1+\nu)$
  $K = \pi.R^4/2$ pour une section circulaire pleine
  $K = b.e^3/3$ pour une section rectangulaire allongée
  L : longueur totale du pieu
- **Famil.** : Code définissant la catégorie du pieu ; permet de regrouper les efforts obtenus sur tous les pieux d'une même catégorie. Si on ne souhaite aucun stockage, mettre ce code égal à 0.

La plupart des paramètres à introduire dans ce tableau émanent de résultats de calculs menés avec les modules TASPIE et PIECOEF. Compte tenu de l'interaction qui existe entre les trois modules (GROUPIE, TASPIE et PIECOEF), le logiciel FoXta offre la possibilité de compléter ce tableau de deux façons :

- La première consiste à choisir simplement le nom de la famille de pieux. Toutes les données sont importées automatiquement et de manière invisible (voir fig.H.6a) en appuyant sur le bouton [Assistant automatique pour propriétés des pieux]. (Les calculs Piecoef et Taspie auront obligatoirement été menés auparavant).
- La seconde consiste à compléter les cases du tableau manuellement ou grâce à un outil nommé "Assistant à la détermination des paramètres pour un calcul Groupie". (voir fig. H.6b). Son fonctionnement est décrit dans les paragraphes suivants.

Pour activer l'assistant il est nécessaire de choisir au préalable une ligne du tableau correspondant au pieu à caractériser. Cliquer sur cette ligne. Le numéro du pieu concerné apparaît alors en bas à droite de la fenêtre dans la zone "pieu n°". Puis cliquer sur le bouton [Assistant manuel pour propriétés des pieux]. Une nouvelle fenêtre comportant 2 onglets apparaît. Le fonctionnement de cette fenêtre est décrit ci après.

L'usage de cet assistant permet de définir les paramètres μ et $\rho 1$ à $\rho 6$ (ainsi que d'autres paramètres relatifs à l'onglet "Raideurs : Origine des efforts"). L'utilisateur doit évaluer le paramètre γ et choisir d'affecter (ou non) une famille au pieu considéré.

Pour définir une famille, il est nécessaire de Double-cliquer, pour le pieu concerné, dans la case correspondante à l'intérieur de la colonne "Famil.". Une fenêtre similaire à celle de la figure suivante apparaît :



Figure H.7 : Module GROUPIE - Choix de la famille de pieux

La liste de familles comporte toujours un "0" qui signifie que le pieu ne fera pas partie d'une famille. Cette liste comporte également un certain nombre de lettres (de A à Z) qui caractérisent les familles existantes et une famille supplémentaire (Exemple : si la famille A a déjà été sélectionnée, la liste comporte 0, A et B).

Pour choisir une famille (ou 0), la sélectionner dans la liste et cliquer sur le bouton [valider]. Un codage numérique de la famille est automatiquement intégré au tableau des propriétés.

H.2.3.1. Assistant à la détermination des paramètres pour un calcul Groupie - Utilisation des résultats de Taspie -

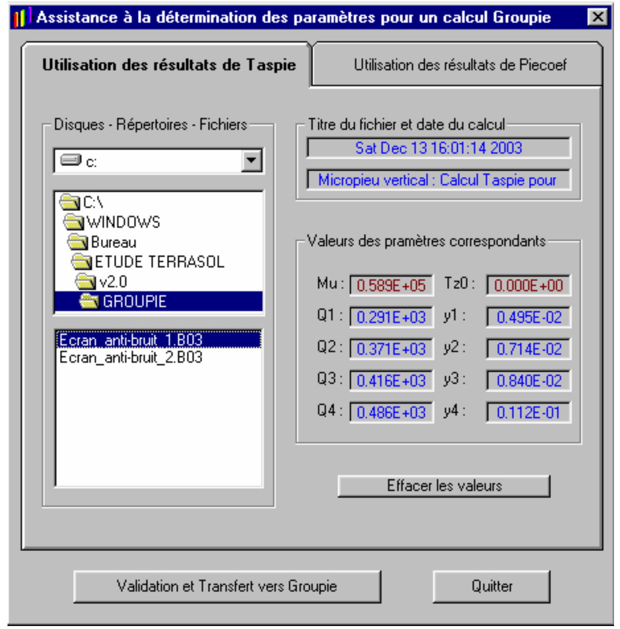


Figure H.8 : Module GROUPIE - Assistant : Utilisation des résultats de Taspie

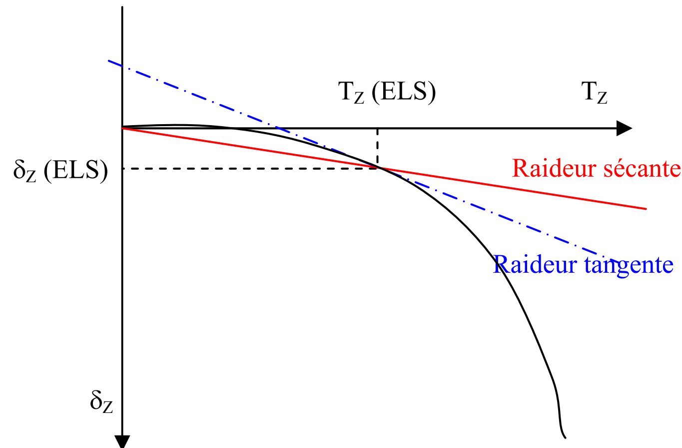
Le fonctionnement de cette fenêtre est le suivant :

- Sélectionner dans la partie gauche le lecteur (disque dur ou disquette ou lecteur réseau) et le répertoire contenant les résultats à utiliser. La liste située en bas à gauche se complète automatiquement avec les fichiers résultats de Taspie pouvant être utilisés;
- Cliquer dans cette liste sur le nom du fichier (*.B03) à utiliser;
- La partie droite de la fenêtre se complète alors avec les données contenues dans ce fichier : Le titre et la date du calcul, ainsi que les valeurs de µ (Mu) de Tz0 et de Q1 à Q4 et y1 à y4. (Q1 à Q4 et y1 à y4 sont respectivement les capacités limites et déplacements à l'ELS permanent et ELS rare, ELU fondamental et ELU accidentel)
- Si ces données vous conviennent, passer à l'onglet suivant "Utilisation des résultats de Piecoef".

Les valeur de µ et de Tz0 sont de couleur rouge car ce sont les deux seules valeurs qui font l'objet du transfert vers les tableaux Groupie.

A noter :

- La valeur de µ importée est la valeur de la raideur sécante à l'ELS en combinaison quasi permanente.
- La valeur de Tz0 importée est toujours égale à 0. Ceci vient du fait que la raideur µ est définie comme la raideur sécante et non la raideur tangente (voir schéma ci-contre).



H.2.3.2. Assistant à la détermination des paramètres pour un calcul Groupie
- Utilisation des résultats de Piecoef -



Figure H.9 : Module GROUPIE - Assistant : Utilisation des résultats de Piecoef

Le fonctionnement de cette fenêtre est le suivant :

- Sélectionner dans la partie gauche le lecteur (disque dur ou disquette ou lecteur réseau) et le répertoire contenant les résultats à utiliser. La liste située en bas à gauche se complète automatiquement avec les fichiers résultats de Piecoef pouvant être utilisés;
- Cliquer dans cette liste sur le nom du fichier (*.D02) à utiliser;
- La partie droite de la fenêtre se complète alors avec les données contenues dans ce fichier : Le titre et la date du calcul, ainsi que les valeurs de ρ1 à ρ6 (R1 à R6) et Tx0, My0, Ty0, Mx0. (Raideurs tangentes en tête issues d'un calcul Piecoef)
- Sélectionner alors les données à transférer (Axe XY ou Axe YZ ou les Deux), ainsi que l'éventuelle permutation des axes. (Cette permutation permet de faire pivoter les axes dans le cas d'une barrette rectangulaire. Elle est inutile dans le cas d'un pieu circulaire)
- Si ces données conviennent, cliquer sur le bouton [Validation et Transfert vers Groupie]. Les données sélectionnées dans les deux onglets sont alors transférées dans les tableaux de Groupie aux endroits prévus à cet effet.
- Renouveler si nécessaire l'opération pour chaque pieu.

A noter : Les données qui font l'objet du transfert vers les tableaux de Groupie sont affichées en rouge.

H.2.4. Onglet 4 : Raideurs : Efforts à l'origine

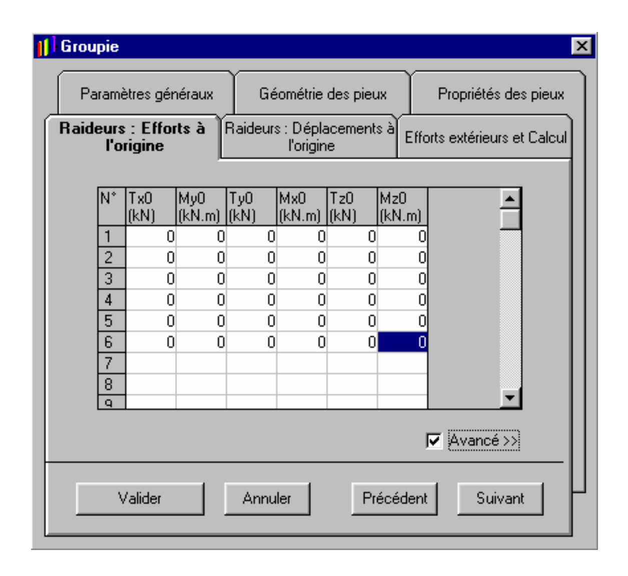


Figure H.12 : Module GROUPIE – Raideurs : Origine des efforts.

La saisie des paramètres à introduire dans le tableau des "Raideurs : Efforts à l'origine" s'apparente à celle décrite dans le chapitre H.2.3. En effet, l'assistant au choix des paramètres opère non seulement sur les propriétés des pieux mais également sur l'origine des efforts. Ainsi, les paramètres T_{X0}, M_{Y0}, T_{Y0}, M_{X0}, T_{Z0} et M_{Z0} sont automatiquement complétés lorsque l'assistant est utilisé.

De la même manière que pour l'onglet précédent, les valeurs peuvent être introduites manuellement dans le tableau.

La case à cocher ☐ Avancé >> permet d'activer l'onglet "Raideurs : Déplacements à l'origine".

H.2.5. Onglet 5 : Raideurs : Déplacements à l'origine

Groupie

Paramètres généraux | Géométrie des pieux | Propriétés des pieux

Raideurs : Efforts à l'origine | **Raideurs : Déplacements à l'origine** | Efforts extérieurs et Calcul

N°	dX	dwY	dY	dwX	dZ	dwZ
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7						
8						
9						
10						

Valider | Annuler | Précédent | Suivant

Figure H.13 : Module GROUPIE – Raideurs : Origine des déplacements.

De manière générale, cet onglet est peu utilisé. Il permet de définir les paramètres d'origine des déplacements (δ_{X0}, $\delta\omega_{X0}$, δ_{Y0}, $\delta\omega_{Y0}$, δ_{Z0}, $\delta\omega_{Z0}$) dans la formulation suivante :

$$\begin{pmatrix} T_X \\ M_Y \\ T_Y \\ M_X \\ T_Z \\ M_Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_{X0} \\ M_{Y0} \\ T_{Y0} \\ M_{X0} \\ T_{Z0} \\ M_{Z0} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \rho_1 & \rho_2 & & & & \\ \rho_2 & \rho_3 & & & & \\ & & \rho_4 & -\rho_5 & & \\ & & -\rho_5 & \rho_6 & & \\ & & & & \mu & \\ & & & & & \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_X - \delta_{X0} \\ \delta\omega_Y - \delta\omega_{y0} \\ \delta_Y - \delta_{Y0} \\ \delta\omega_X - \delta\omega_{X0} \\ \delta_Z - \delta_{Z0} \\ \delta\omega_Z - \delta\omega_{Z0} \end{pmatrix}$$

Par défaut, lorsque l'onglet n'est pas visible, tous les paramètres du tableau sont initialisés à une valeur nulle pour les pieux actifs. Il est possible de modifier manuellement ces valeurs si le projet le requiert.

H.2.6. Onglet 6 : Efforts extérieurs et Calcul

Figure H.14 : Module GROUPIE – Efforts extérieurs et Calcul.

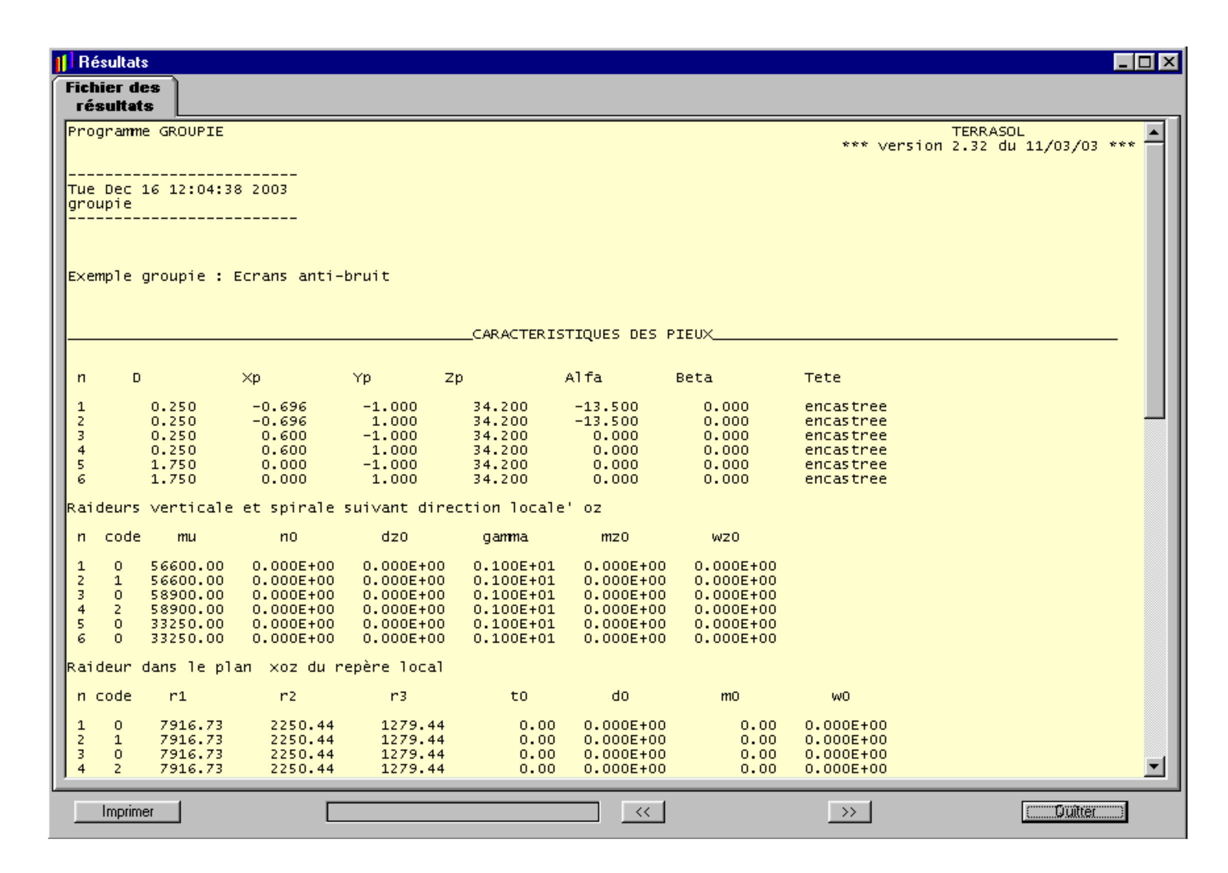
Cet onglet permet à la fois de définir les efforts extérieurs appliqués à la semelle, de lancer les calculs et d'exploiter le tableau des résultats.

ATTENTION : Le torseur des efforts extérieurs est exprimé au point d'origine du repère (X=0, Y=0, Z=0).

Il est possible d'intégrer 50 cas de chargements.

Le bouton Calculer exécute la procédure de calcul du module GROUPIE. Une fenêtre particulière indique que les calculs sont en cours. Elle informe également sur la présence et la validité de la clé électronique nécessaire à l'utilisation du module GROUPIE. La fenêtre se referme automatiquement dès que le calcul est terminé.

Il devient alors possible d'exploiter les résultats des calculs à l'aide du bouton Résultats.



Programme GROUPIE

TERRASOL
*** version 2.32 du 11/03/03 ***

Tue Dec 16 12:04:38 2003
groupie

Exemple groupie : Ecrans anti-bruit

CARACTERISTIQUES DES PIEUX

n	D	Xp	Yp	Zp	Alfa	Beta	Tete
1	0.250	-0.696	-1.000	34.200	-13.500	0.000	encastree
2	0.250	-0.696	1.000	34.200	-13.500	0.000	encastree
3	0.250	0.600	-1.000	34.200	0.000	0.000	encastree
4	0.250	0.600	1.000	34.200	0.000	0.000	encastree
5	1.750	0.000	-1.000	34.200	0.000	0.000	encastree
6	1.750	0.000	1.000	34.200	0.000	0.000	encastree

Raideurs verticale et spirale suivant direction locale' oz

n	code	mu	n0	dz0	gamma	mz0	wz0
1	0	56600.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00
2	1	56600.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00
3	0	58900.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00
4	2	58900.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00
5	0	33250.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00
6	0	33250.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00

Raideur dans le plan xoz du repère local

n	code	r1	r2	r3	t0	d0	m0	w0
1	0	7916.73	2250.44	1279.44	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
2	1	7916.73	2250.44	1279.44	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
3	0	7916.73	2250.44	1279.44	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
4	2	7916.73	2250.44	1279.44	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00

Figure H.15 : Module GROUPIE – Fichier des résultats.

Les quatre premiers tableaux du fichier de résultats reprennent les caractéristiques pour chaque pieu. Le premier concerne les données géométriques, le second traite des raideurs en compression et en torsion, le troisième des raideurs en flexion dans le plan (xOz) du repère local et le dernier des raideurs en flexion dans le plan (yOz) du repère local.

Ensuite, pour chaque cas de charge, deux types de résultats sont affichés. Tout d'abord, les efforts et les déplacements au centre de la semelle sont exprimés dans le repère global de la semelle, puis un tableau rassemble l'ensemble des valeurs calculées concernant les efforts et déplacements de chaque pieu exprimé dans le repère local.

Toutes ces informations peuvent être imprimées à l'aide du bouton [Imprimer]. En cours de chargement, le bouton [Arrêter] permet d'interrompre un chargement très long. Le bouton [Quitter] permet de sortir de la feuille des résultats de calcul.

A noter : Il n'y a pas de graphique associé aux résultats du module GROUPIE

H.3. EXEMPLES DE CALCUL GROUPIE

L'utilisation du module Groupie est rarement isolée et implique souvent les programmes PIECOEF et TASPIE. Aussi l'exemple suivant illustre son utilisation au sein de projets complets.

H.3.1. Exemple 1

L'objet de cet exemple est de déterminer les déformations et sollicitations dans un groupe de pieux soumis à des efforts verticaux et horizontaux.

H.3.1.1. Présentation du problème

Le schéma suivant illustre les différentes hypothèses géométriques et géotechniques qui ont été retenues.

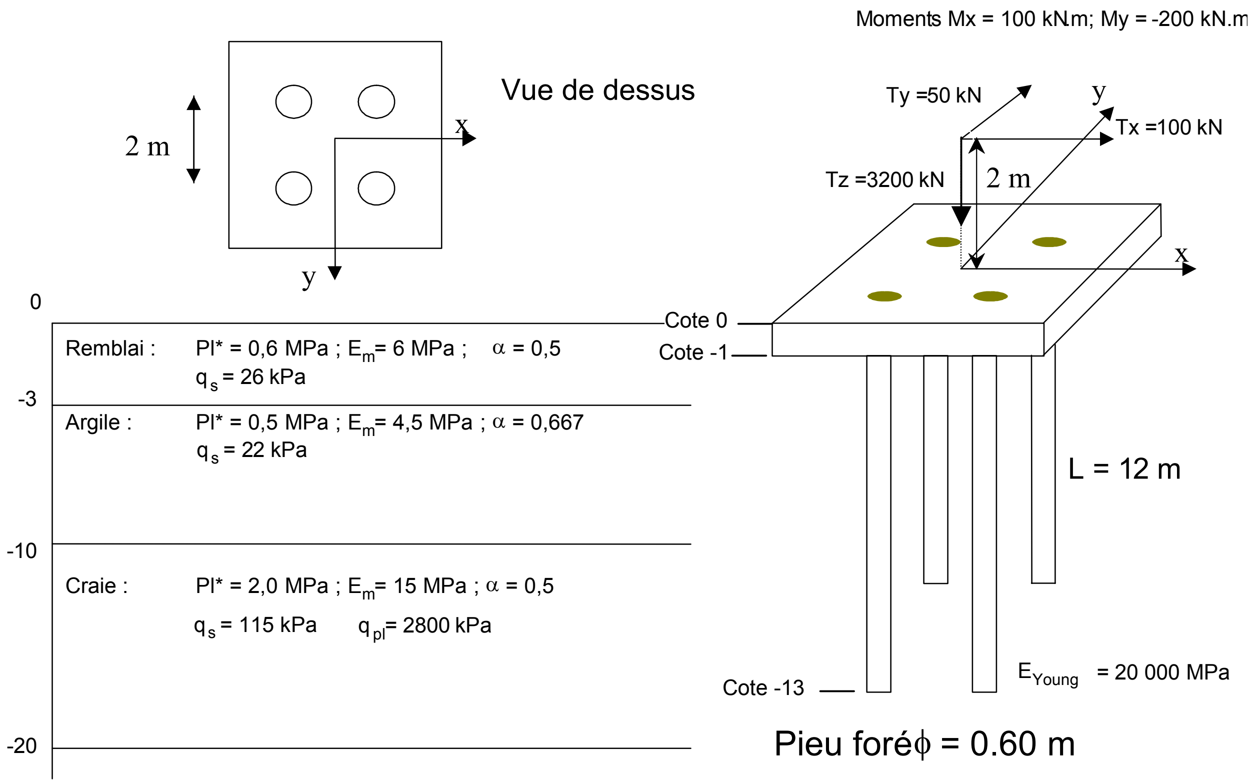


Figure H.16 : Description de l'exemple 1

La mise en œuvre de cet exemple nécessite l'utilisation des modules suivants : FONDPROF, TASPIE, PIECOEF, GROUPIE et PIEQUADR.

Dans cet exemple 1, nous allons appliquer un effort vertival uniquement. On verra ensuite dans l'exemple 2 comment prendre en compte aussi les efforts horizontaux.

H.3.1.2. Etape 1 : Calcul FONDPROF

L’objet de cette première étape consiste à déterminer la hauteur du pieu pour reprendre une charge verticale Q_{ELS} de 800 kN. Ceci va déterminer la géométrie des pieux du groupe.

1°) Créer un "Nouveau projet" dans le menu "Fichier", l'enregistrer sous "groupe pieux.fxt" et entrer les données concernant le projet dans la fenêtre "Titre – n° Affaire – Commentaires"

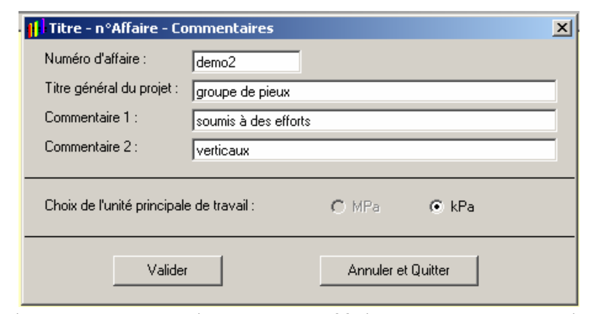
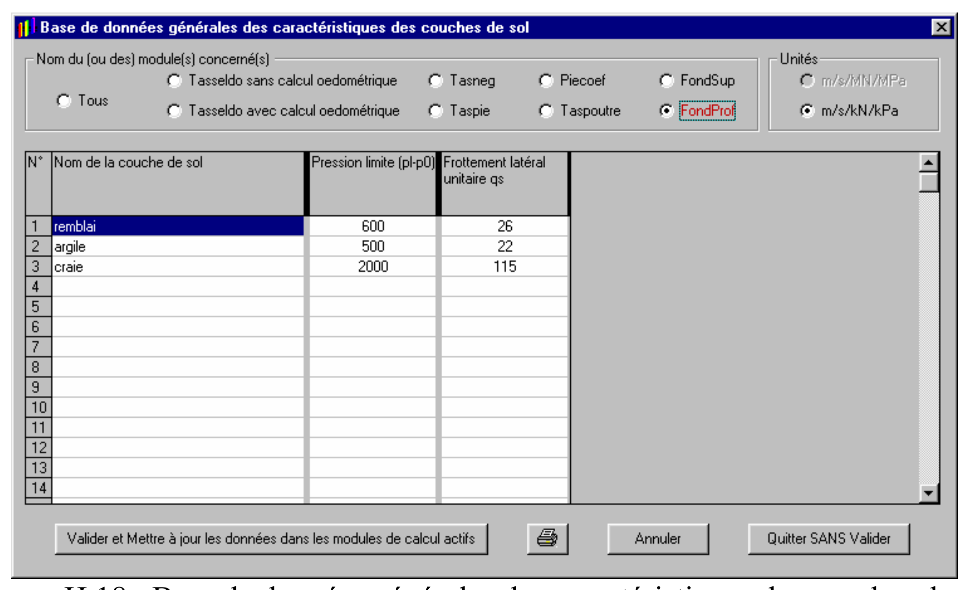


Figure H.17 : Titre – N° affaire – Commentaire

2°) La fenêtre "Base de données générales des caractéristiques des couches de sol" apparaît. Lors de l'utilisation de FOXTA dans un projet nécessitant un grand nombre de modules de calcul, cette structure permet de garder en mémoire les caractéristiques des couches de sol.

- Dans la partie supérieure cocher l'option "Fondprof", puis remplir les trois colonnes.



N°	Nom de la couche de sol	Pression limite (pl-p0)	Frottement latéral unitaire qs
1	remblai	600	26
2	argile	500	22
3	craie	2000	115
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

Figure H.18 : Base de données générales des caractéristiques des couches de sol

- Pour déterminer les valeurs de qs, double-cliquer sur chaque ligne de la colonne qs afin d’activer l’assistant automatique. La figure 3 illustre l’exemple de la couche de craie.

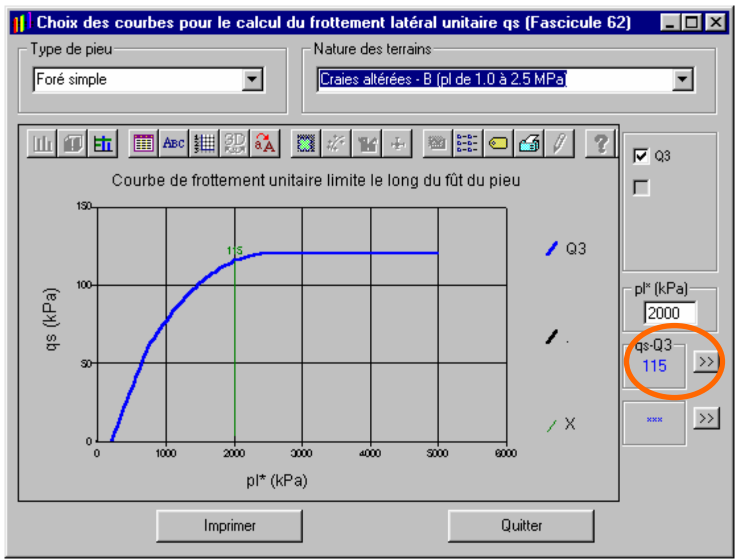


Figure H.19 : Assistant qs

- Choisir « Foré simple » pour le type de pieu et « Craies altérées » pour la nature du terrain. Automatiquement, en fonction de la valeur de pl*, l'assistant propose la valeur de qs = 115 kPa. Pour accepter cette valeur et la transférer vers la base de données, cliquer sur le bouton [>>]. Répéter l'opération pour les trois couches de sols puis valider.

3°) Créer un nouveau module FONDPROF, la fenêtre FONDPROF s'affiche alors.

4°) Compléter le 1er onglet comme indiqué ci-dessous (forme, type, refoulement, diamètre et cote de la tête du pieu).

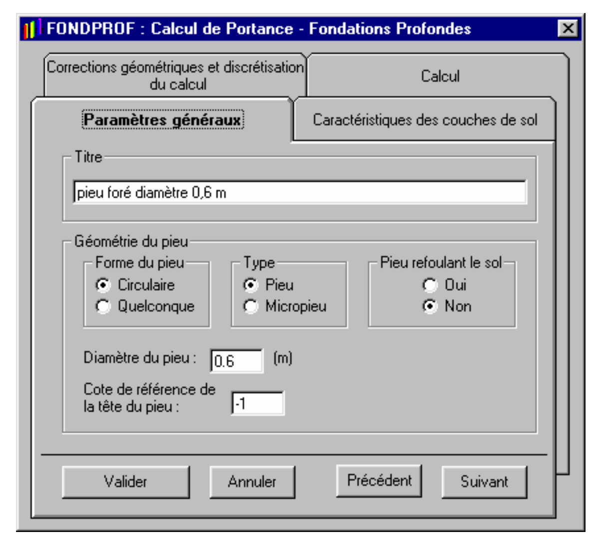


Figure H.20 : Module FONDPROF – Onglet 1

5°) Sélectionner l'onglet [Caractéristiques des couches de sol]. Pour introduire les caractéristiques des couches, double-cliquer sur la première case du tableau. Sélectionner successivement « remblai », « argile » et « craie » en fonction de la couche considérée. Les valeurs de pl* et qs sont automatiquement complétées.

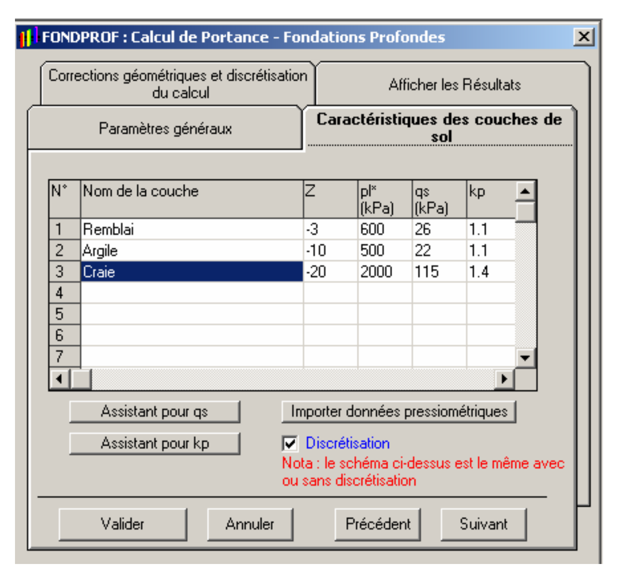


Figure H.21 : Module FONDPROF – Onglet 2

6°) Pour déterminer les valeurs de kp, double-cliquer dans la colonne correspondante du tableau des caractéristiques pour activer l'assistant adapté :

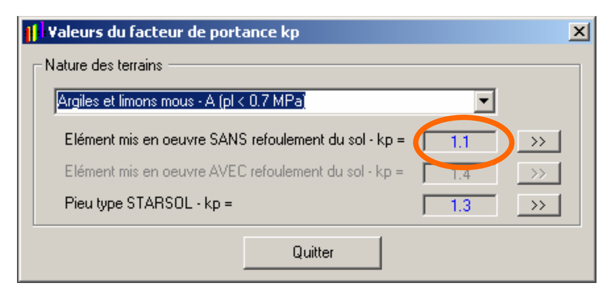


Figure H.22 : Module FONDPROF - Assistant kp

Procéder de la même manière pour chaque couche de sol en définissant successivement la nature des terrains et en cliquant sur le premier bouton [>>].

7°) Sélectionner l'onglet [Corrections géométriques et discrétisation du calcul] : le calcul sera mené selon les règles du fascicule 62, sans correction de profilé. Si besoin, le bouton d'aide permet de se remémorer les valeurs des coefficients de sécurité qui seront appliquées.

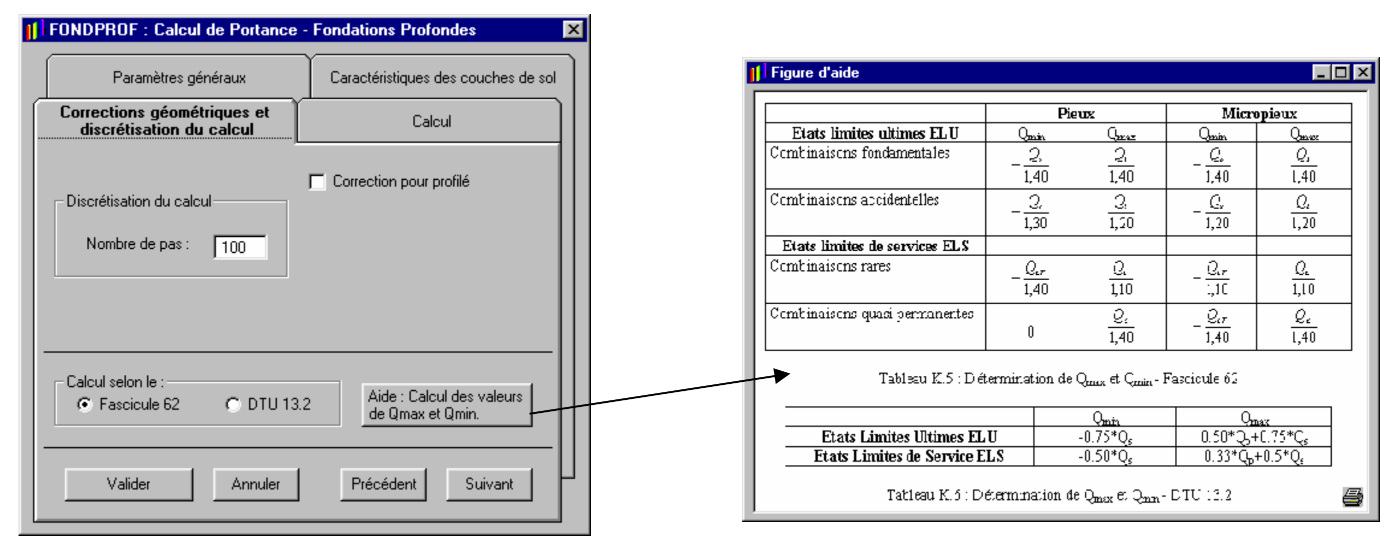


Figure H.23 : Module FONDPROF - Onglet 3

8°) Sélectionner l'onglet [Calcul] :

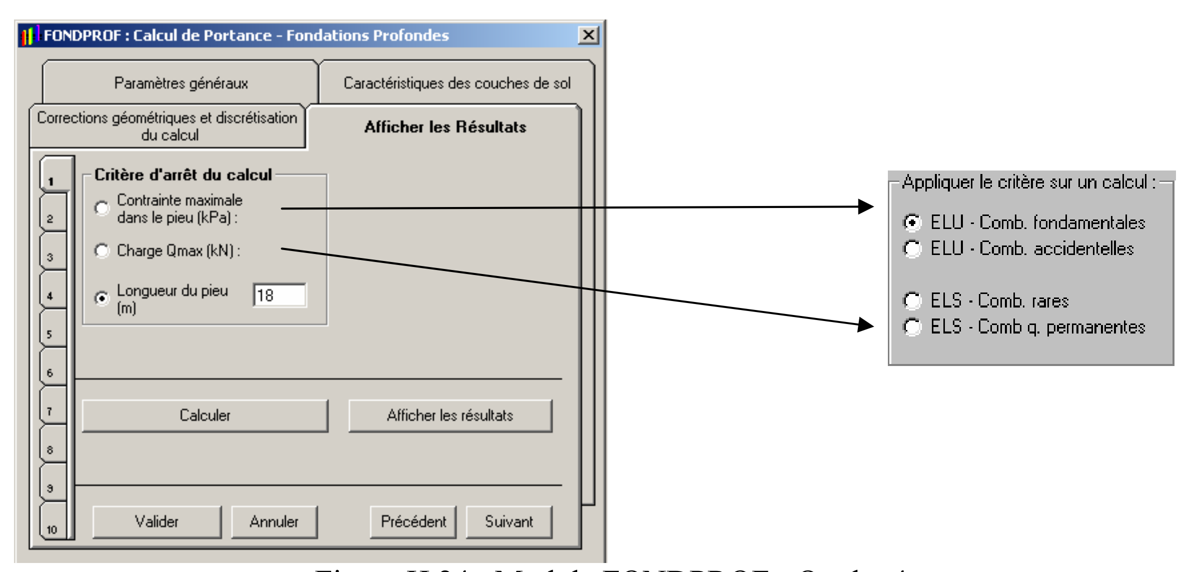


Figure H.24 : Module FONDPROF - Onglet 4

Dans cet exemple, on définit un seul cas de charge (donc obligatoirement le premier). Le critère d'arrêt retenu sera la longueur du pieu (18 m). Le choix d'un critère relatif à une contrainte ou une charge aurait permis de définir le type de calcul mené (ELU ou ELS).

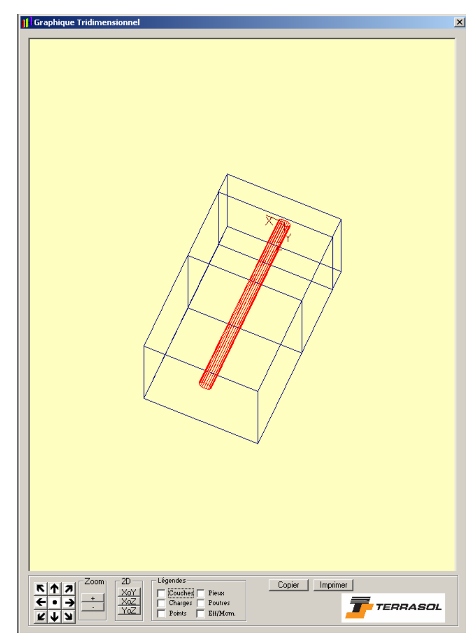
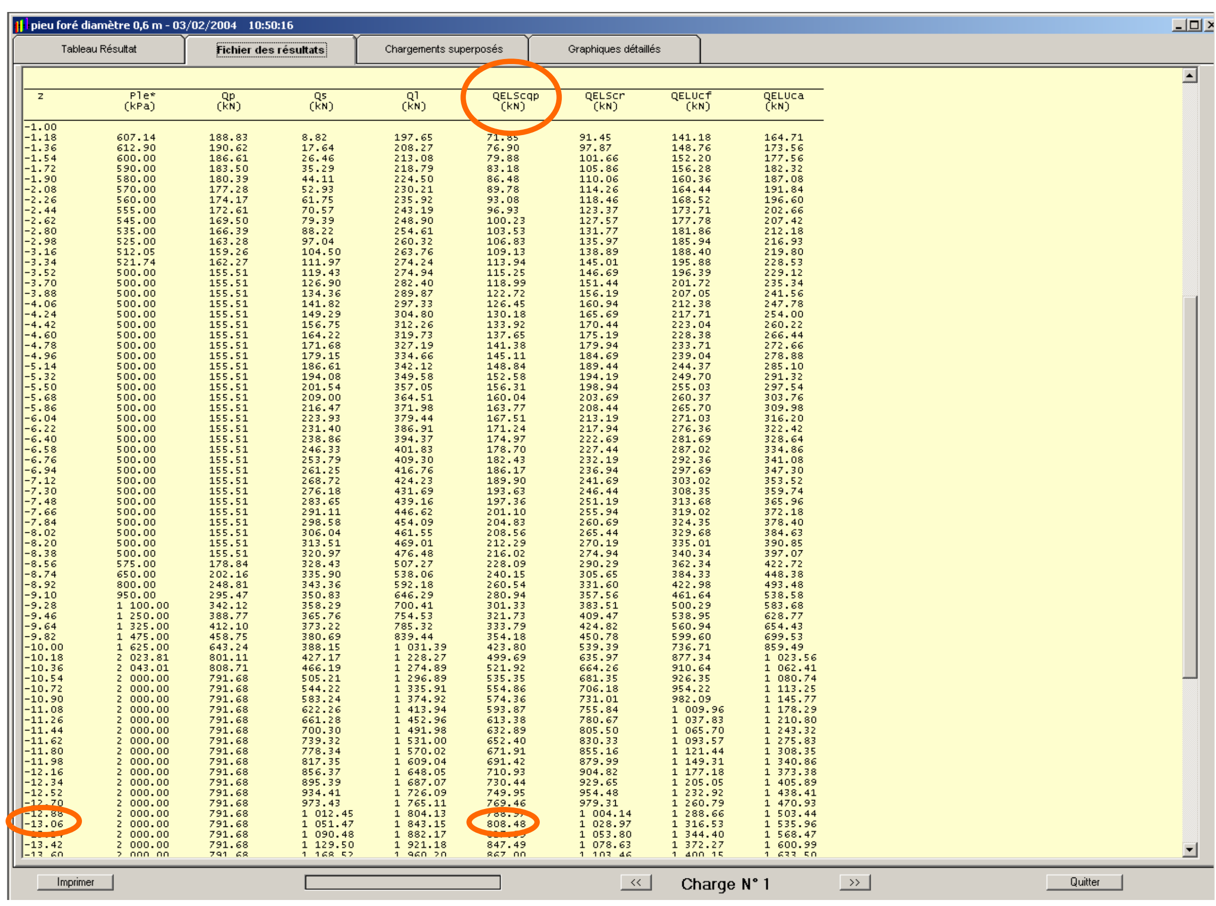


Figure H.25 : Représentation graphique pour le module FONDPROF

9°) Cliquer sur le bouton [Calculer] puis sur le bouton [Afficher les résultats]



z	Ple* (kPa)	Qp (kN)	Qs (kN)	Ql (kN)	QELScqp (kN)	QELScr (kN)	QELUcf (kN)	QELUca (kN)
-1.00								
-1.18	607.14	188.83	8.82	197.65	71.85	91.45	141.18	164.71
-1.36	612.90	190.62	17.64	208.27	76.90	97.87	148.76	173.56
-1.54	600.00	186.61	26.46	213.08	79.88	101.66	152.20	177.56
-1.72	590.00	183.50	35.29	218.79	83.18	105.86	156.28	182.32
-1.90	580.00	180.39	44.11	224.50	86.48	110.06	160.36	187.08
-2.08	570.00	177.28	52.93	230.21	89.78	114.26	164.44	191.84
-2.26	560.00	174.17	61.75	235.92	93.08	118.46	168.52	196.60
-2.44	555.00	172.61	70.57	243.19	96.93	123.37	173.71	202.66
-2.62	545.00	169.50	79.39	248.90	100.23	127.57	177.78	207.42
-2.80	535.00	166.39	88.22	254.61	103.53	131.77	181.86	212.18
-2.98	525.00	163.28	97.04	260.32	106.83	135.97	185.94	216.93
-3.16	512.05	159.26	104.50	263.76	109.13	138.89	188.40	219.80
-3.34	521.74	162.27	111.97	274.24	113.94	145.01	195.88	228.53
-3.52	500.00	155.51	119.43	274.94	115.25	146.69	196.39	229.12
-3.70	500.00	155.51	126.90	282.40	118.99	151.44	201.72	235.34
-3.88	500.00	155.51	134.36	289.87	122.72	156.19	207.05	241.56
-4.06	500.00	155.51	141.82	297.33	126.45	160.94	212.38	247.78
-4.24	500.00	155.51	149.29	304.80	130.18	165.69	217.71	254.00
-4.42	500.00	155.51	156.75	312.26	133.92	170.44	223.04	260.22
-4.60	500.00	155.51	164.22	319.73	137.65	175.19	228.38	266.44
-4.78	500.00	155.51	171.68	327.19	141.38	179.94	233.71	272.66
-4.96	500.00	155.51	179.15	334.66	145.11	184.69	239.04	278.88
-5.14	500.00	155.51	186.61	342.12	148.84	189.44	244.37	285.10
-5.32	500.00	155.51	194.08	349.58	152.58	194.19	249.70	291.32
-5.50	500.00	155.51	201.54	357.05	156.31	198.94	255.03	297.54
-5.68	500.00	155.51	209.00	364.51	160.04	203.69	260.37	303.76
-5.86	500.00	155.51	216.47	371.98	163.77	208.44	265.70	309.98
-6.04	500.00	155.51	223.93	379.44	167.51	213.19	271.03	316.20
-6.22	500.00	155.51	231.40	386.91	171.24	217.94	276.36	322.42
-6.40	500.00	155.51	238.86	394.37	174.97	222.69	281.69	328.64
-6.58	500.00	155.51	246.33	401.83	178.70	227.44	287.02	334.86
-6.76	500.00	155.51	253.79	409.30	182.43	232.19	292.36	341.08
-6.94	500.00	155.51	261.25	416.76	186.17	236.94	297.69	347.30
-7.12	500.00	155.51	268.72	424.23	189.90	241.69	303.02	353.52
-7.30	500.00	155.51	276.18	431.69	193.63	246.44	308.35	359.74
-7.48	500.00	155.51	283.65	439.16	197.36	251.19	313.68	365.96
-7.66	500.00	155.51	291.11	446.62	201.10	255.94	319.02	372.18
-7.84	500.00	155.51	298.58	454.09	204.83	260.69	324.35	378.40
-8.02	500.00	155.51	306.04	461.55	208.56	265.44	329.68	384.63
-8.20	500.00	155.51	313.51	469.01	212.29	270.19	335.01	390.85
-8.38	500.00	155.51	320.97	476.48	216.02	274.94	340.34	397.07
-8.56	575.00	178.84	328.43	507.27	228.09	290.29	362.34	422.72
-8.74	650.00	202.16	335.90	538.06	240.15	305.65	384.33	448.38
-8.92	800.00	248.81	343.36	592.18	260.54	331.60	422.98	493.48
-9.10	950.00	295.47	350.83	646.29	280.94	357.56	461.64	538.58
-9.28	1 100.00	342.12	358.29	700.41	301.33	383.51	500.29	583.68
-9.46	1 250.00	388.77	365.76	754.53	321.73	409.47	538.95	628.77
-9.64	1 325.00	412.10	373.22	785.32	333.79	424.82	560.94	654.43
-9.82	1 475.00	458.75	380.69	839.44	354.18	450.78	599.60	699.53
-10.00	1 625.00	643.24	388.15	1 031.39	423.80	539.39	736.71	859.49
-10.18	2 023.81	801.11	427.17	1 228.27	499.69	635.97	877.34	1 023.56
-10.36	2 043.01	808.71	466.19	1 274.89	521.92	664.26	910.64	1 062.41
-10.54	2 000.00	791.68	505.21	1 296.89	535.35	681.35	926.35	1 080.74
-10.72	2 000.00	791.68	544.22	1 335.91	554.86	706.18	954.22	1 113.25
-10.90	2 000.00	791.68	583.24	1 374.92	574.36	731.01	982.09	1 145.77
-11.08	2 000.00	791.68	622.26	1 413.94	593.87	755.84	1 009.96	1 178.29
-11.26	2 000.00	791.68	661.28	1 452.96	613.38	780.67	1 037.83	1 210.80
-11.44	2 000.00	791.68	700.30	1 491.98	632.89	805.50	1 065.70	1 243.32
-11.62	2 000.00	791.68	739.32	1 531.00	652.40	830.33	1 093.57	1 275.83
-11.80	2 000.00	791.68	778.34	1 570.02	671.91	855.16	1 121.44	1 308.35
-11.98	2 000.00	791.68	817.35	1 609.04	691.42	879.99	1 149.31	1 340.86
-12.16	2 000.00	791.68	856.37	1 648.05	710.93	904.82	1 177.18	1 373.38
-12.34	2 000.00	791.68	895.39	1 687.07	730.44	929.65	1 205.05	1 405.89
-12.52	2 000.00	791.68	934.41	1 726.09	749.95	954.48	1 232.92	1 438.41
-12.70	2 000.00	791.68	973.43	1 765.11	769.46	979.31	1 260.79	1 470.93
-12.88	2 000.00	791.68	1 012.45	1 804.13	[illegible]	1 004.14	1 288.66	1 503.44
-13.06	2 000.00	791.68	1 051.47	1 843.15	808.48	1 028.97	1 316.53	1 535.96
[illegible]	2 000.00	791.68	1 090.48	1 882.17	[illegible]	1 053.80	1 344.40	1 568.47
-13.42	2 000.00	791.68	1 129.50	1 921.18	847.49	1 078.63	1 372.27	1 600.99
-13.60	2 000.00	791.68	1 168.52	1 960.20	867.00	1 103.46	1 400.15	1 633.50

Figure H.26 : Résultats du calcul FONDPROF

On se propose de partir de l'hypothèse d'une charge ELS en combinaison quasi permanente de 800 kN, ce qui nécessite un pieu fiché à la cote -13.

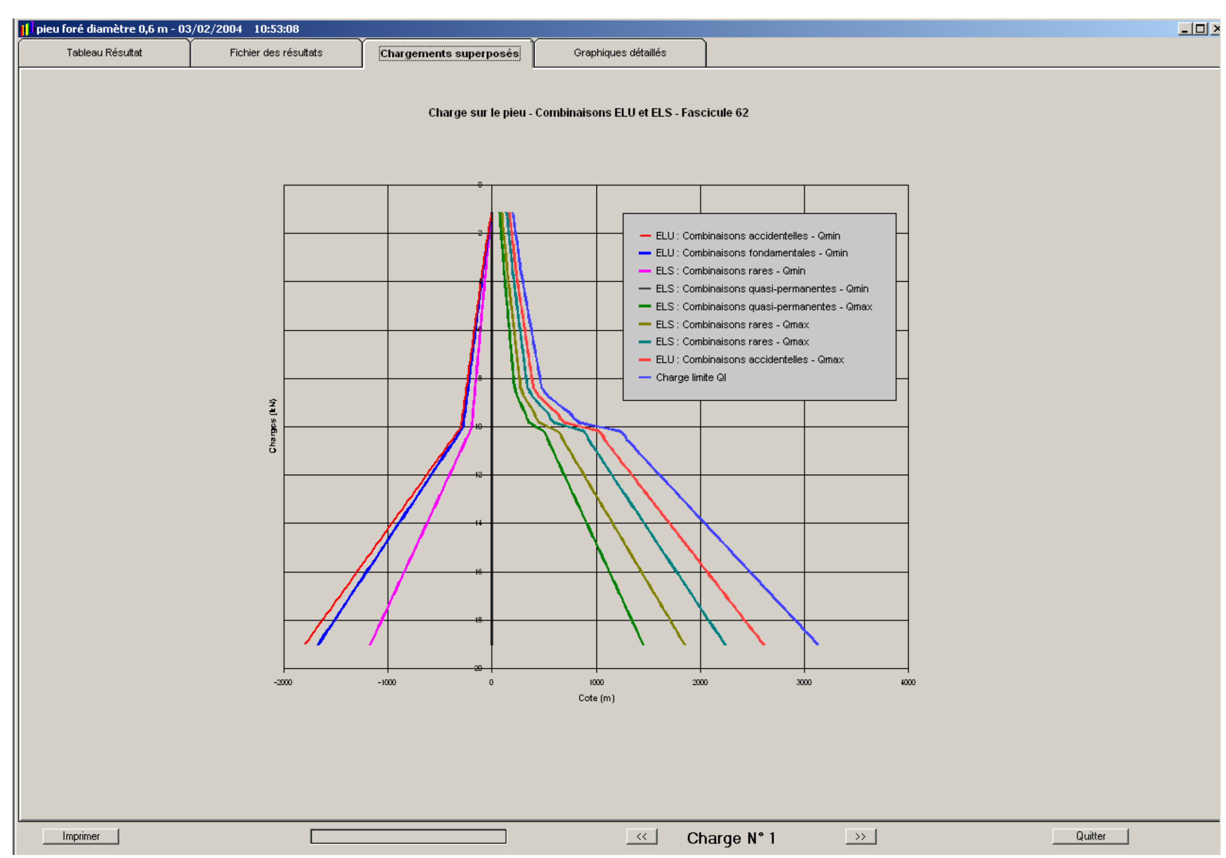


Figure H.27 : Résultats du calcul FONDPROF

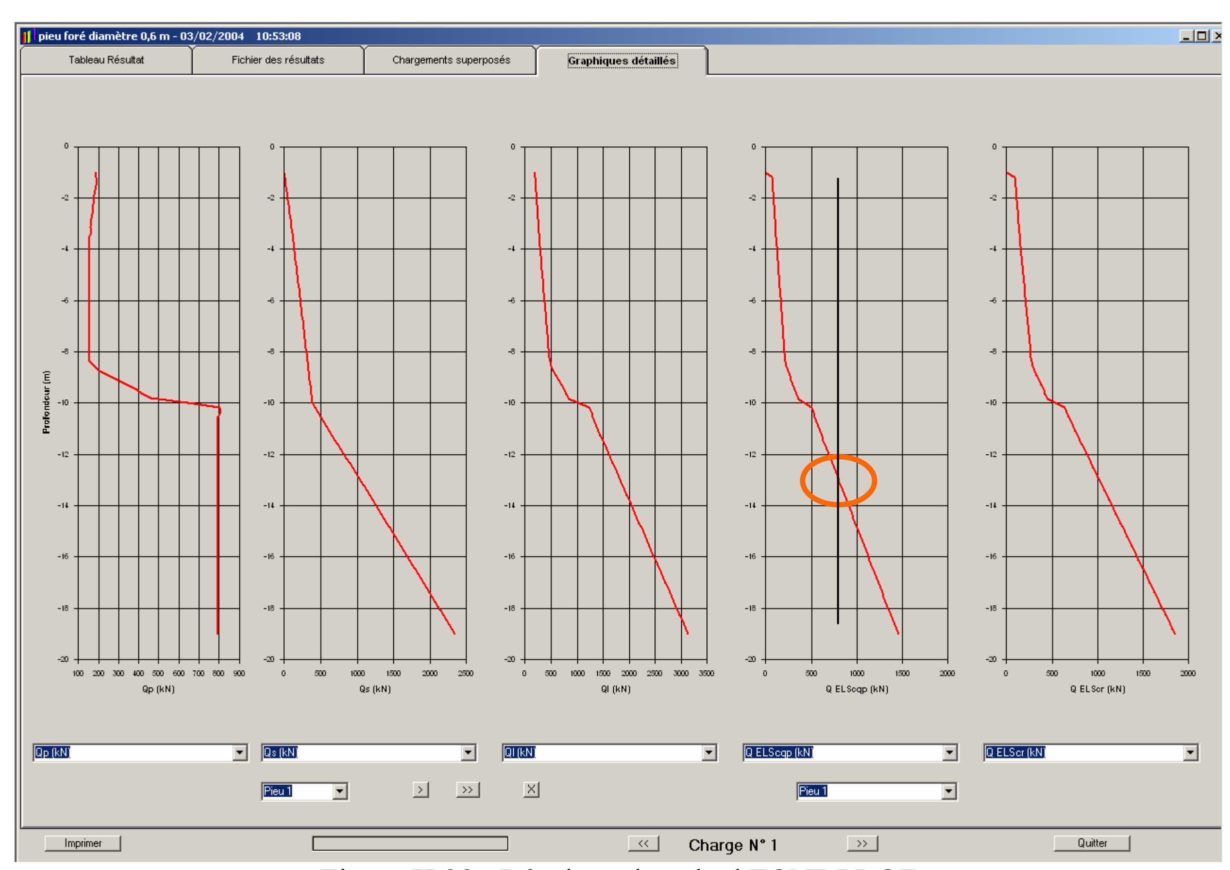


Figure H.28 : Résultats du calcul FONDPROF

H.3.1.3. Etape 2 : Calcul TASPIE

Dans cette seconde étape, on utilise le module TASPIE pour calculer (pour la fiche arrêtée précédemment) la courbe complète de chargement du pieu, ainsi que la mobilisation relative du frottement latéral et du terme de pointe. Ceci va fournir la raideur équivalente du pieu vis à vis d'un chargement vertical. Le pieu considéré (famille A) fera donc 12 m de hauteur à partir de la cote –1.

10°) Créer un nouveau module [Taspie], et compléter les différents onglets avec les données figurant dans les fenêtres suivantes.

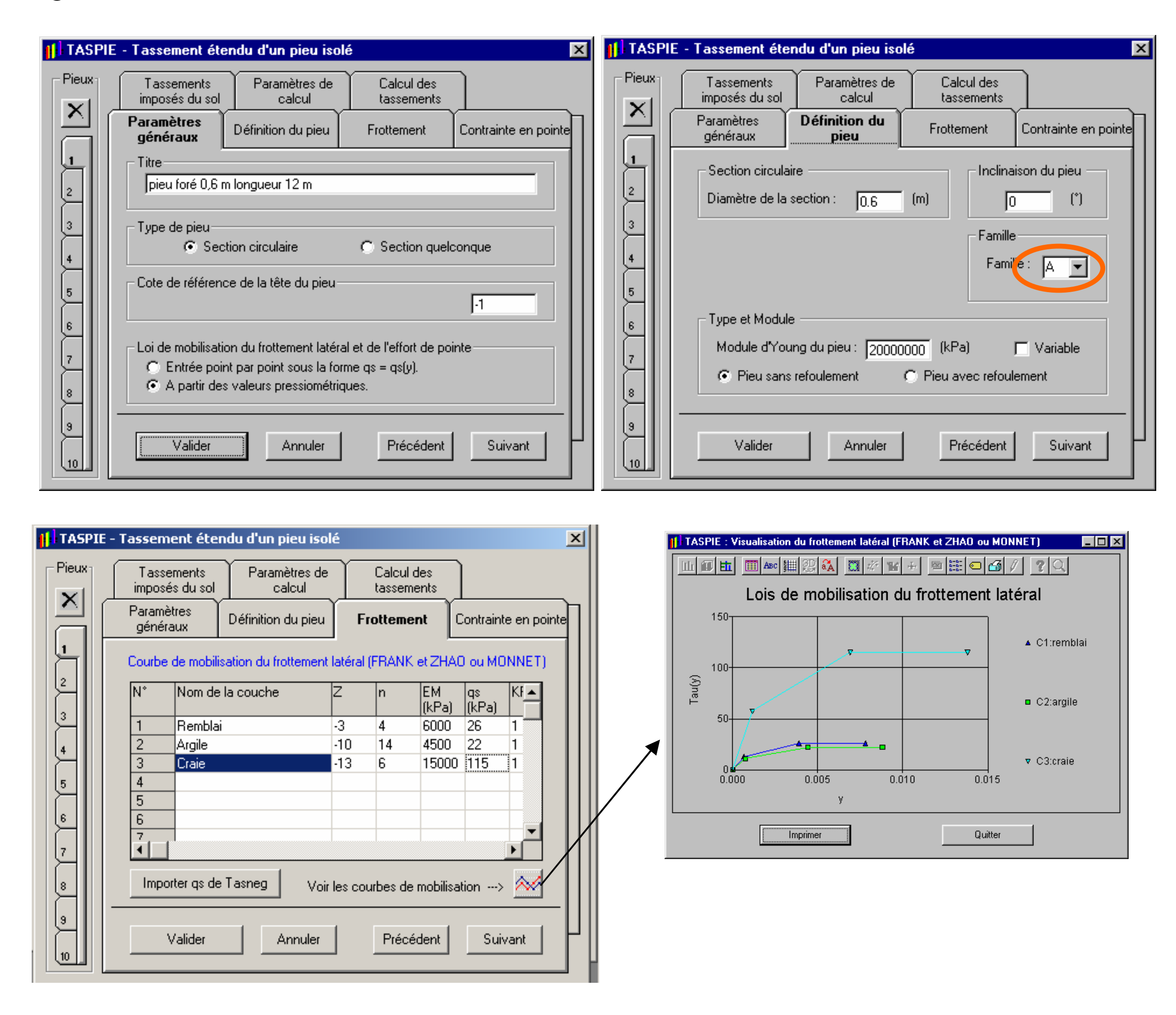


Figure H.29 : Données pour le calcul TASPIE

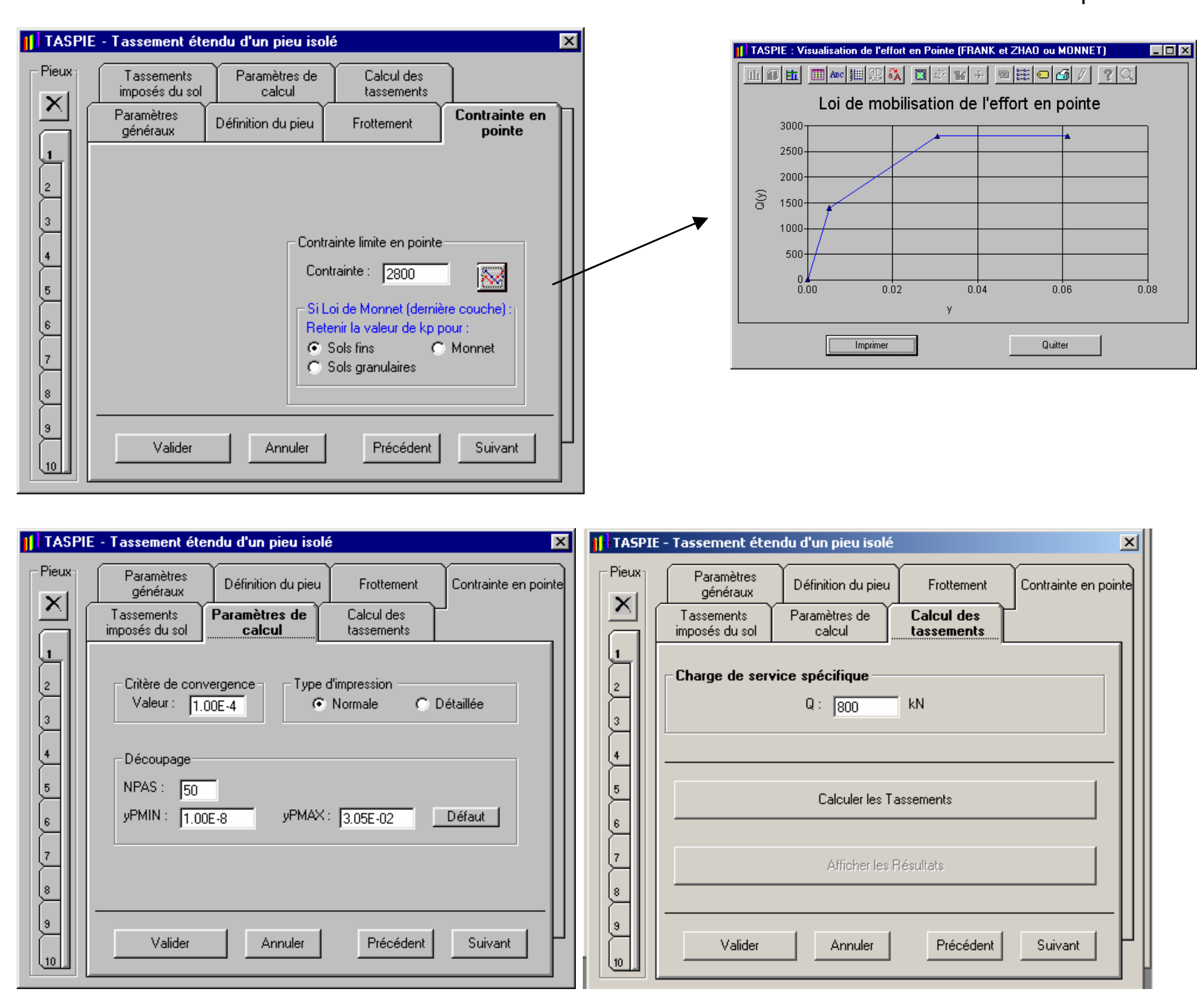
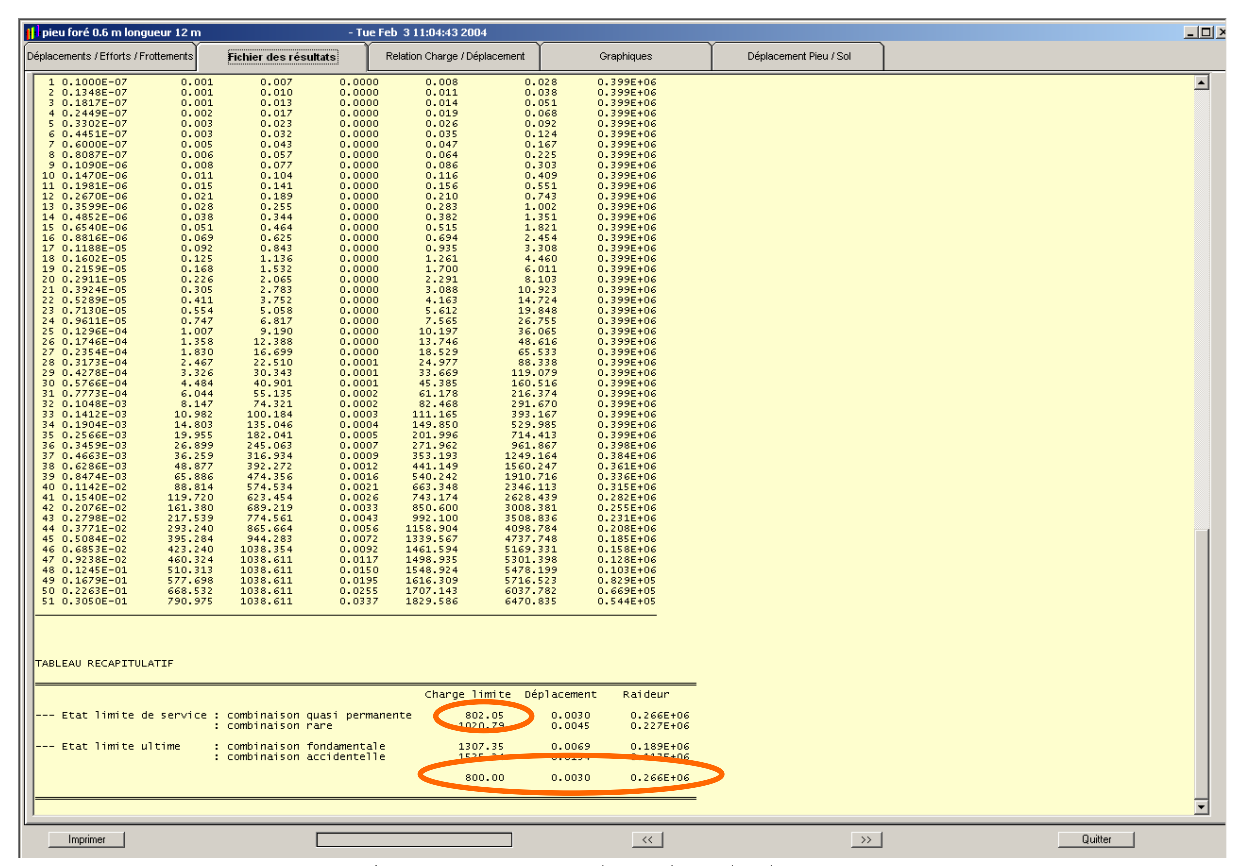


Figure H.30 : Données pour le calcul TASPIE (suite)

Les valeurs numériques de y_{PMIN} et y_{PMAX} sont proposées en cliquant sur le bouton [Défaut]. y_{PMAX} est défini de manière à « saturer » à la fois le frottement latéral et l'effort de pointe. Il varie donc en fonction de qp et qs.

11°) Cliquer sur le bouton [Calculer les tassements] après avoir introduit la valeur spécifique de la charge de service Q = 800 kN. Le bouton [Afficher les résultats] permet d'exploiter numériquement et graphiquement les résultats des calculs.

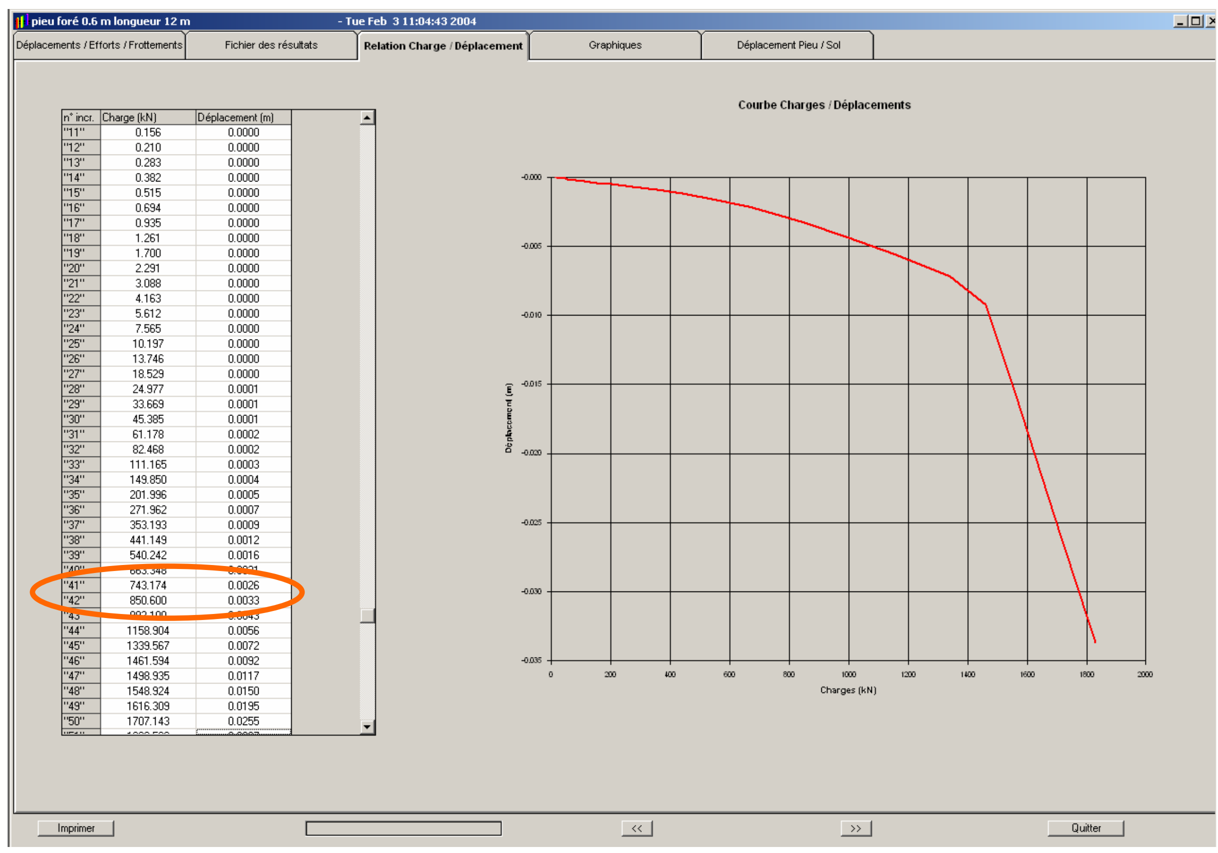


1	0.1000E-07	0.001	0.007	0.0000	0.008	0.028	0.399E+06
2	0.1348E-07	0.001	0.010	0.0000	0.011	0.038	0.399E+06
3	0.1817E-07	0.001	0.013	0.0000	0.014	0.051	0.399E+06
4	0.2449E-07	0.002	0.017	0.0000	0.019	0.068	0.399E+06
5	0.3302E-07	0.003	0.023	0.0000	0.026	0.092	0.399E+06
6	0.4451E-07	0.003	0.032	0.0000	0.035	0.124	0.399E+06
7	0.6000E-07	0.005	0.043	0.0000	0.047	0.167	0.399E+06
8	0.8087E-07	0.006	0.057	0.0000	0.064	0.225	0.399E+06
9	0.1090E-06	0.008	0.077	0.0000	0.086	0.303	0.399E+06
10	0.1470E-06	0.011	0.104	0.0000	0.116	0.409	0.399E+06
11	0.1981E-06	0.015	0.141	0.0000	0.156	0.551	0.399E+06
12	0.2670E-06	0.021	0.189	0.0000	0.210	0.743	0.399E+06
13	0.3599E-06	0.028	0.255	0.0000	0.283	1.002	0.399E+06
14	0.4852E-06	0.038	0.344	0.0000	0.382	1.351	0.399E+06
15	0.6540E-06	0.051	0.464	0.0000	0.515	1.821	0.399E+06
16	0.8816E-06	0.069	0.625	0.0000	0.694	2.454	0.399E+06
17	0.1188E-05	0.092	0.843	0.0000	0.935	3.308	0.399E+06
18	0.1602E-05	0.125	1.136	0.0000	1.261	4.460	0.399E+06
19	0.2159E-05	0.168	1.532	0.0000	1.700	6.011	0.399E+06
20	0.2911E-05	0.226	2.065	0.0000	2.291	8.103	0.399E+06
21	0.3924E-05	0.305	2.783	0.0000	3.088	10.923	0.399E+06
22	0.5289E-05	0.411	3.752	0.0000	4.163	14.724	0.399E+06
23	0.7130E-05	0.554	5.058	0.0000	5.612	19.848	0.399E+06
24	0.9611E-05	0.747	6.817	0.0000	7.565	26.755	0.399E+06
25	0.1296E-04	1.007	9.190	0.0000	10.197	36.065	0.399E+06
26	0.1746E-04	1.358	12.388	0.0000	13.746	48.616	0.399E+06
27	0.2354E-04	1.830	16.699	0.0000	18.529	65.533	0.399E+06
28	0.3173E-04	2.467	22.510	0.0001	24.977	88.338	0.399E+06
29	0.4278E-04	3.326	30.343	0.0001	33.669	119.079	0.399E+06
30	0.5766E-04	4.484	40.901	0.0001	45.385	160.516	0.399E+06
31	0.7773E-04	6.044	55.135	0.0002	61.178	216.374	0.399E+06
32	0.1048E-03	8.147	74.321	0.0002	82.468	291.670	0.399E+06
33	0.1412E-03	10.982	100.184	0.0003	111.165	393.167	0.399E+06
34	0.1904E-03	14.803	135.046	0.0004	149.850	529.985	0.399E+06
35	0.2566E-03	19.955	182.041	0.0005	201.996	714.413	0.399E+06
36	0.3459E-03	26.899	245.063	0.0007	271.962	961.867	0.398E+06
37	0.4663E-03	36.259	316.934	0.0009	353.193	1249.164	0.384E+06
38	0.6286E-03	48.877	392.272	0.0012	441.149	1560.247	0.361E+06
39	0.8474E-03	65.886	474.356	0.0016	540.242	1910.716	0.336E+06
40	0.1142E-02	88.814	574.534	0.0021	663.348	2346.113	0.315E+06
41	0.1540E-02	119.720	623.454	0.0026	743.174	2628.439	0.282E+06
42	0.2076E-02	161.380	689.219	0.0033	850.600	3008.381	0.255E+06
43	0.2798E-02	217.539	774.561	0.0043	992.100	3508.836	0.231E+06
44	0.3771E-02	293.240	865.664	0.0056	1158.904	4098.784	0.208E+06
45	0.5084E-02	395.284	944.283	0.0072	1339.567	4737.748	0.185E+06
46	0.6853E-02	423.240	1038.354	0.0092	1461.594	5169.331	0.158E+06
47	0.9238E-02	460.324	1038.611	0.0117	1498.935	5301.398	0.128E+06
48	0.1245E-01	510.313	1038.611	0.0150	1548.924	5478.199	0.103E+06
49	0.1679E-01	577.698	1038.611	0.0195	1616.309	5716.523	0.829E+05
50	0.2263E-01	668.532	1038.611	0.0255	1707.143	6037.782	0.669E+05
51	0.3050E-01	790.975	1038.611	0.0337	1829.586	6470.835	0.544E+05

TABLEAU RECAPITULATIF

		Charge limite	Déplacement	Raideur
--- Etat limite de service	: combinaison quasi permanente	802.05	0.0030	0.266E+06
	: combinaison rare	1020.79	0.0045	0.227E+06
--- Etat limite ultime	: combinaison fondamentale	1307.35	0.0069	0.189E+06
	: combinaison accidentelle	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		800.00	0.0030	0.266E+06

Figure H.31 : Résultats du calcul TASPIE



n° incr.	Charge (kN)	Déplacement (m)
"11"	0.156	0.0000
"12"	0.210	0.0000
"13"	0.283	0.0000
"14"	0.382	0.0000
"15"	0.515	0.0000
"16"	0.694	0.0000
"17"	0.935	0.0000
"18"	1.261	0.0000
"19"	1.700	0.0000
"20"	2.291	0.0000
"21"	3.088	0.0000
"22"	4.163	0.0000
"23"	5.612	0.0000
"24"	7.565	0.0000
"25"	10.197	0.0000
"26"	13.746	0.0000
"27"	18.529	0.0000
"28"	24.977	0.0001
"29"	33.669	0.0001
"30"	45.385	0.0001
"31"	61.178	0.0002
"32"	82.468	0.0002
"33"	111.165	0.0003
"34"	149.850	0.0004
"35"	201.996	0.0005
"36"	271.962	0.0007
"37"	353.193	0.0009
"38"	441.149	0.0012
"39"	540.242	0.0016
"40"	663.348	0.0021
"41"	743.174	0.0026
"42"	850.600	0.0033
"43"	992.100	0.0043
"44"	1158.904	0.0056
"45"	1339.567	0.0072
"46"	1461.594	0.0092
"47"	1498.935	0.0117
"48"	1548.924	0.0150
"49"	1616.309	0.0195
"50"	1707.143	0.0255
"51"	[illegible]	[illegible]

Figure H.32 : Résultats du calcul TASPIE

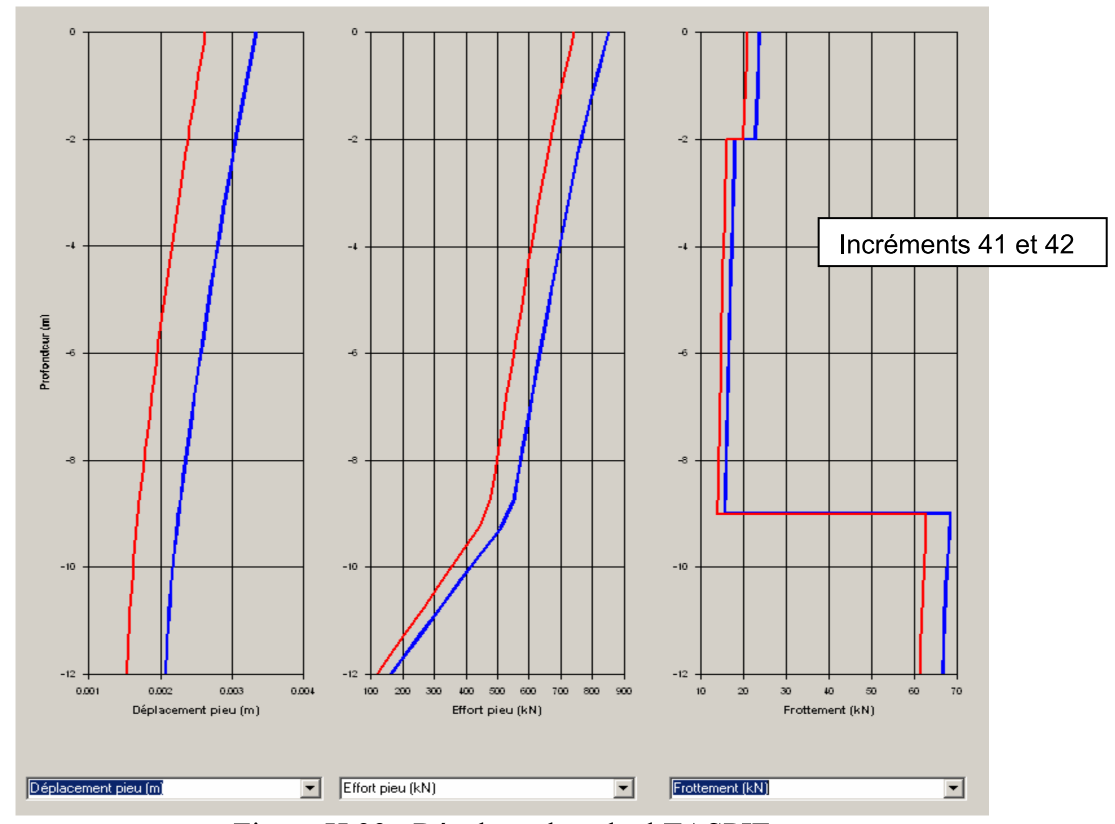


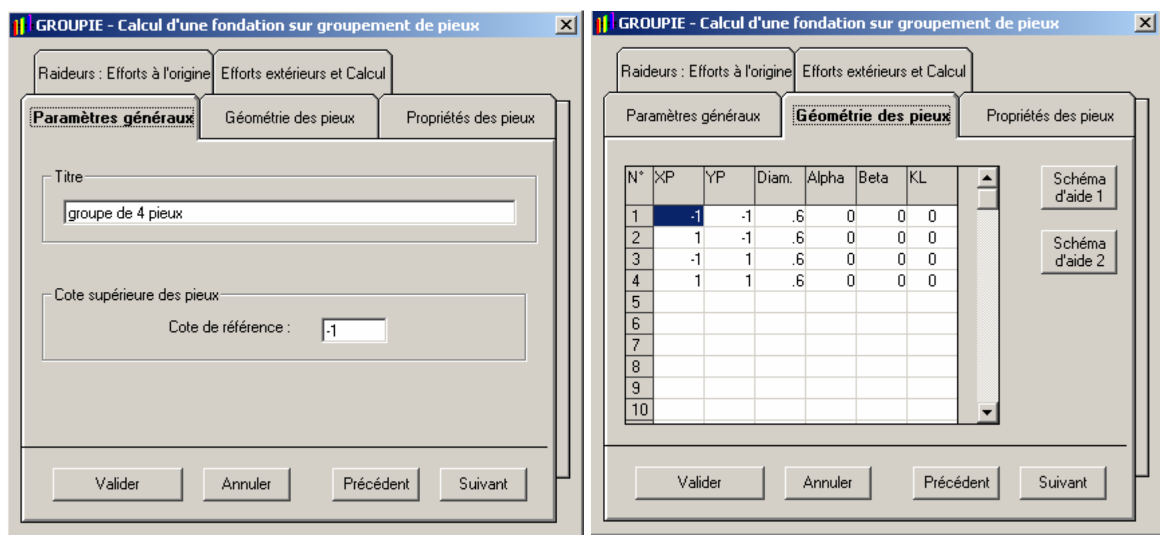
Figure H.33 : Résultats du calcul TASPIE

On notera les valeurs de Q_{ELS} = 802 kN (contre 800 kN pour le calcul FONDPROF) pour un tassement de 3 mm et une raideur de $0.266.10^6$ kN/m.

H.3.1.4. Etape 3 : Calcul GROUPIE

Le calcul GROUPIE réalisé dans cette étape exploite les résultats du calcul TASPIE précédemment menés. Il consiste en la définition géométrique et les caractéristiques des ressorts représentant les 4 pieux. On choisit comme plan d'étude le plan situé à la base de la semelle (cote -1).

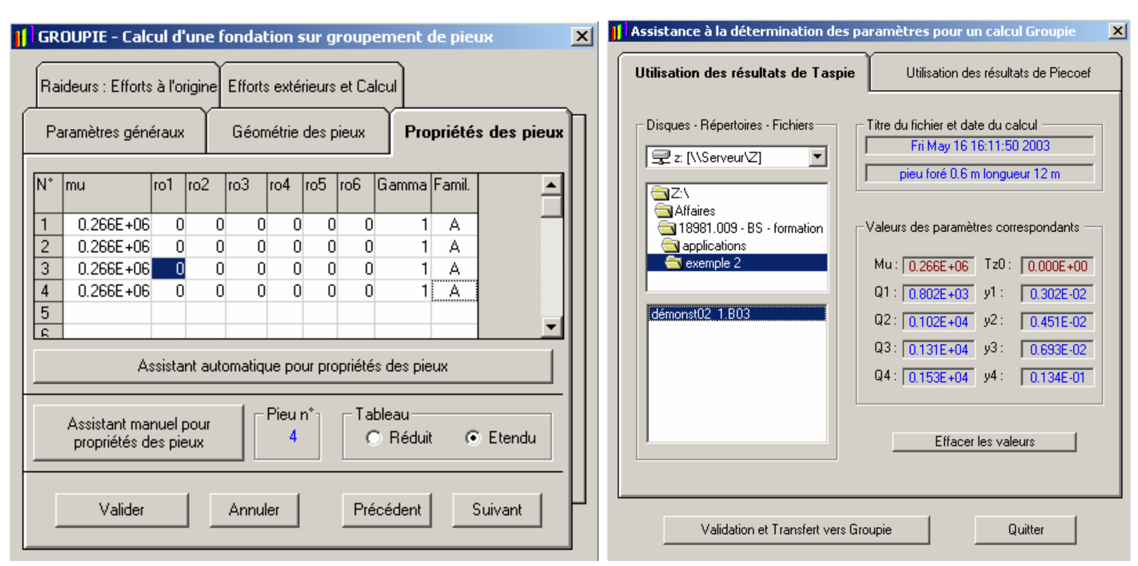
12°) Créer maintenant un nouveau module [Groupie] et compléter les différents onglets avec les données figurant dans les fenêtres suivantes.



Figures H.34 : Données du calcul GROUPIE

13°) Sélectionner l'onglet [Propriétés des pieux] et cliquer sur le bouton radio « Etendu » pour visualiser les colonnes µ, ρ1 à ρ6 et γ.

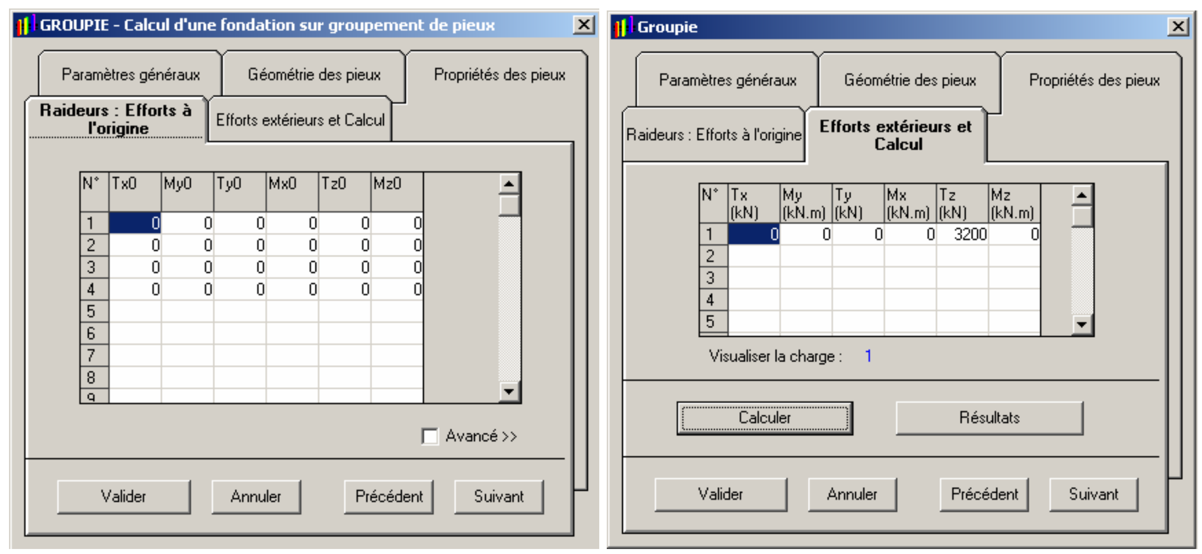
Double-cliquer dans la colonne « Famille » et choisir 4 fois « A » pour indiquer que tous les pieux sont identiques (Famille A), puis cliquer sur le bouton [Assistant automatique pour propriétés des pieux] . Les valeurs pour ρ1 à ρ6 restent nulles du fait que nous n'appliquons pas encore de charges horizontales.



Figures H.35 : Module GROUPIE – Propriétés des pieux

Poursuivre le remplissage des fenêtres (Les efforts à l'origine sont complétés automatiquement à la valeur 0 par défaut).

14°) Appliquer la charge verticale dans le dernier onglet.



Figures H.36 : Module GROUPIE -Onglets 4 et 5

15°) Cliquer une seule fois sur le bouton [Calculer] pour exécuter les calculs GROUPIE, puis sur le bouton [Résultats] pour exploiter les résultats.

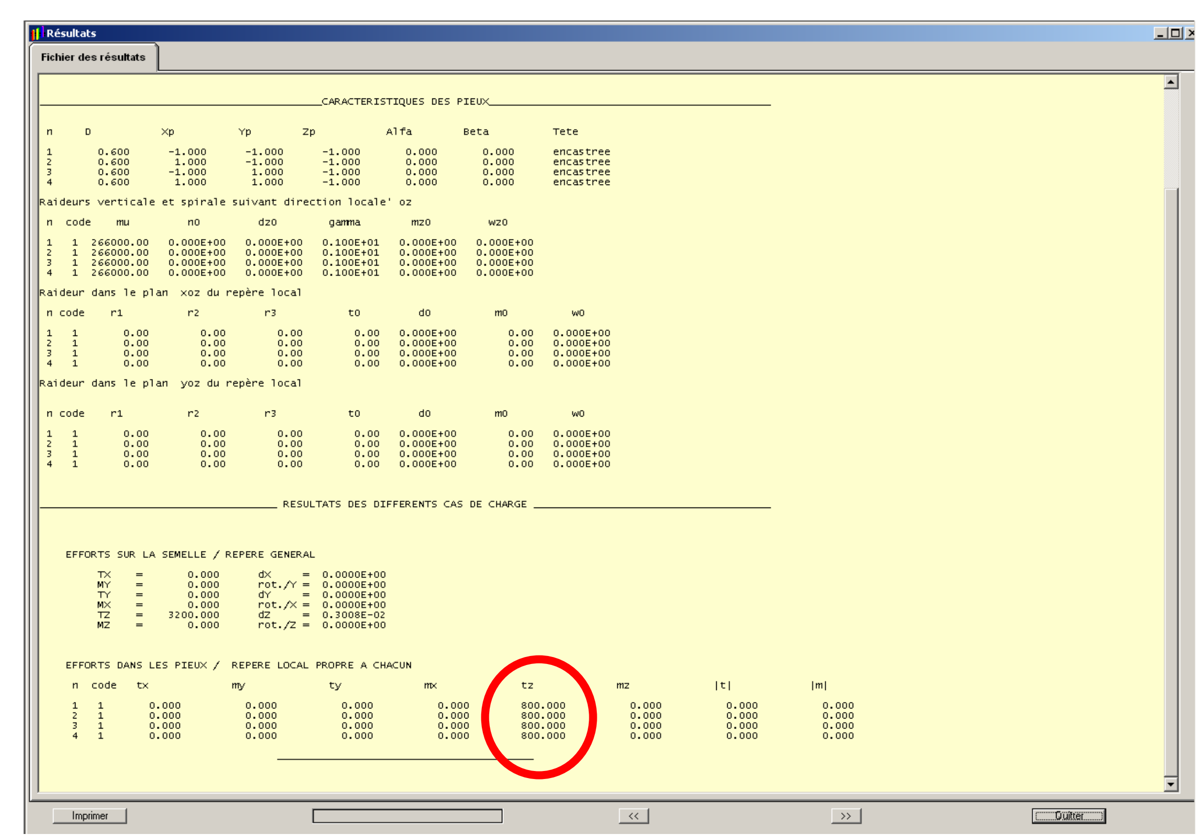


Figure H.37 : Résultats du calcul GROUPIE

Chaque pieu reprend 800 kN ce qui correspond à ¼ de la charge verticale appliquée à cette fondation. Dans ce cas simple le résultat pouvait être obtenu directement, car les pieux sont tous identiques et verticaux. La suite de cet exemple va permettre de traiter des situations plus complexes (combinant efforts horizontaux et moments).

H.3.2. Exemple 2 (suite de l'exemple 1)

Dans cette suite de l'exemple 1, on va appliquer non seulement des efforts verticaux, mais aussi les efforts horizontaux.

1°) Enregistrer le fichier exemple2 sous un autre nom pour garder les résultats du calcul TASPIE définissant la raideur dans la direction axiale d'un pieu.

H.3.2.1. Etape 1 : Calcul PIECOEF

Cette étape vise à déterminer les valeurs des raideurs ρ1 à ρ6 applicables à chaque pieu (Famille A) pour caractériser leur comportement vis à vis des sollicitations latérales. En effet, dans le calcul du groupe de pieux, le module GROUPIE considère chaque pieu comme un ensemble de « ressorts » travaillant dans toutes les directions de l'espace. Il est donc nécessaire de définir, par un calcul préalable PIECOEF, les valeurs des raideurs de ces ressorts.

2°) Créer un nouveau module [Piecoef]. Compléter les différents onglets avec les données figurant dans les fenêtres suivantes.

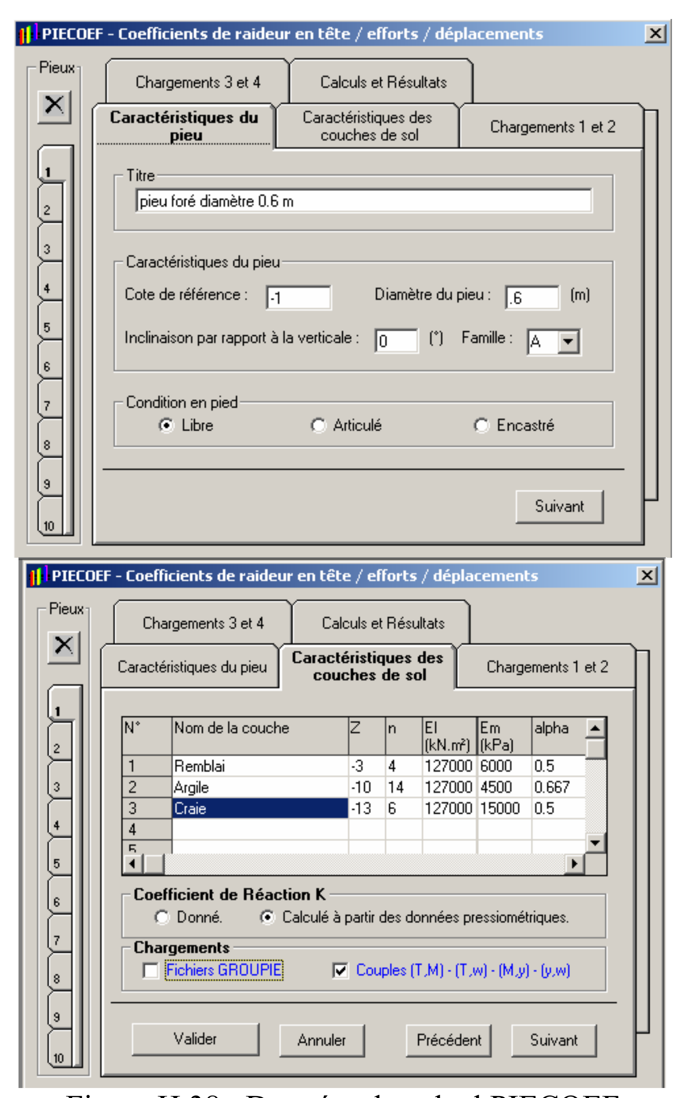


Figure H.38 : Données du calcul PIECOEF

3°) Appliquer un chargement horizontal de 25 kN pour voir l'évolution du moment, des efforts, de la déformation…etc dans le pieu suite à ce chargement.

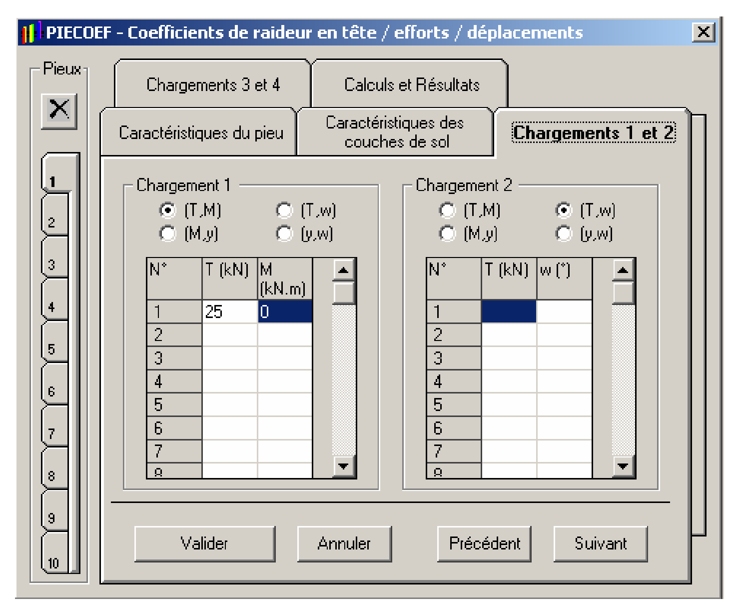


Figure H.39 : Données du calcul PIECOEF (suite)

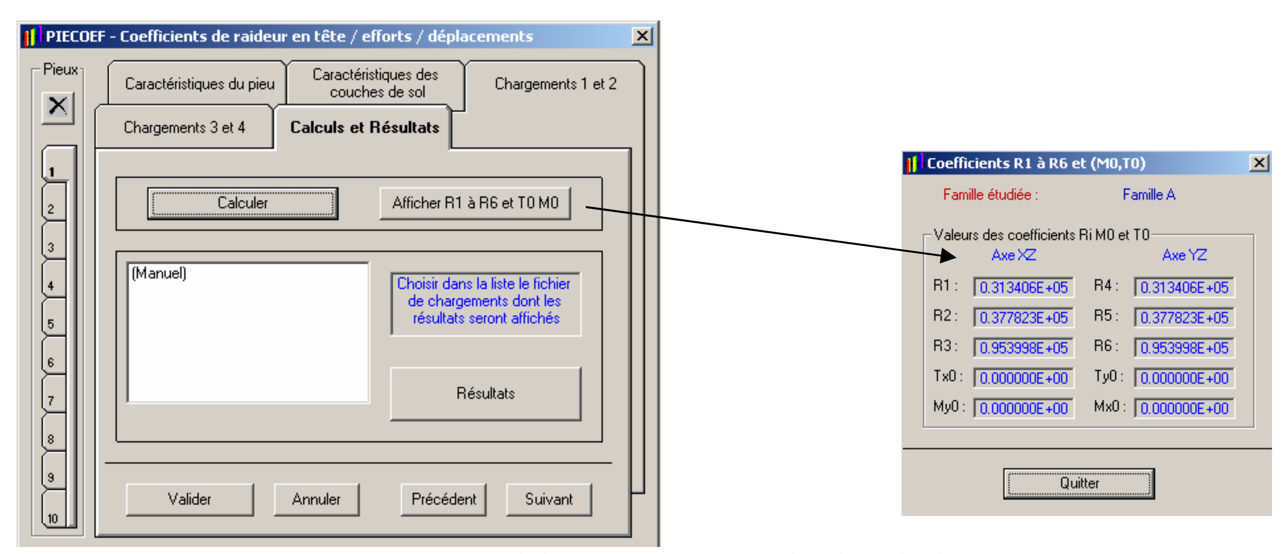


Figure H.40 : Module PIECOEF – Onglet du calcul

4°) Cliquer sur [Calculer] puis sur le bouton [Afficher R1 à R6...] pour visualiser les valeurs des raideurs recherchées. Ces résultats seront automatiquement exploités par le module GROUPIE.

5°) Cliquer sur [Résultats] pour exploiter les résultats dus au chargement horizontal.

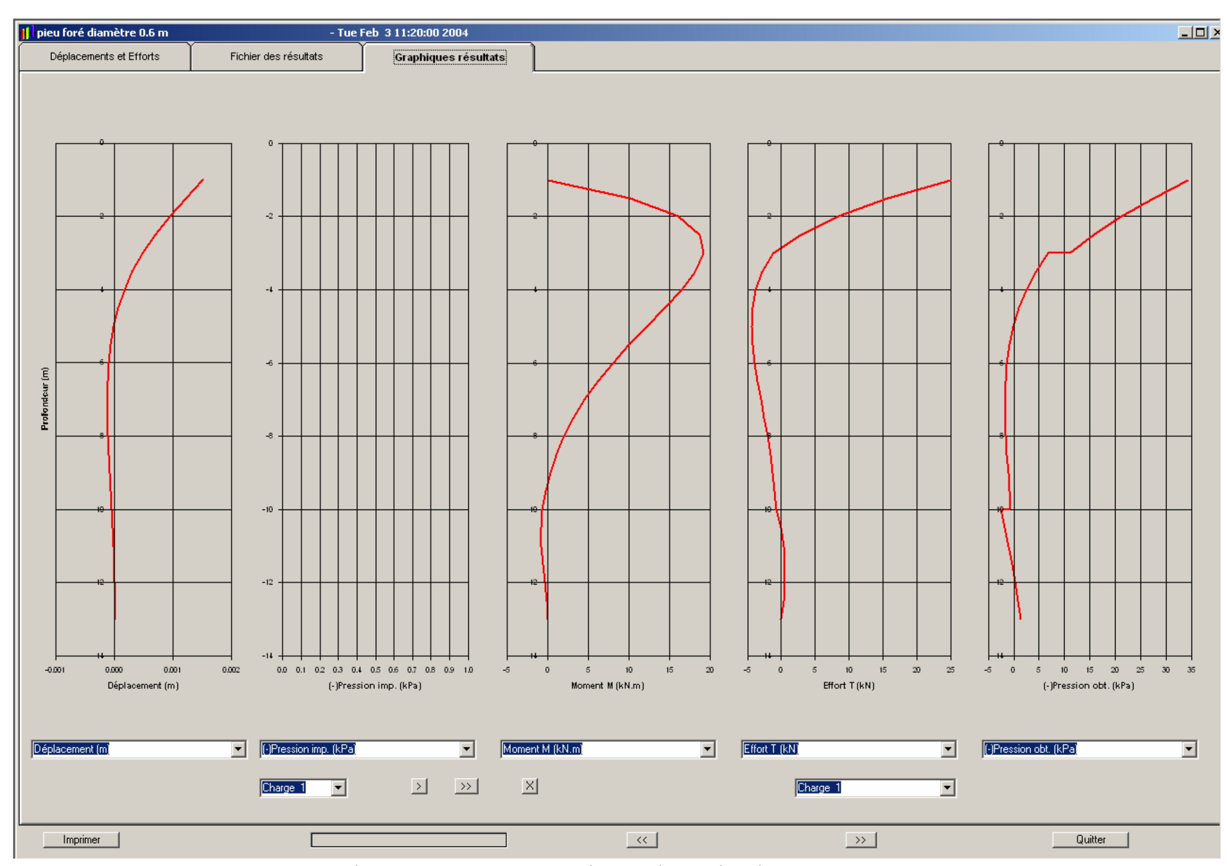


Figure H.41 : Résultats du calcul PIECOEF

H.3.2.2. Etape 2 : Calcul GROUPIE

Le calcul GROUPIE réalisé dans cette étape exploite les résultats des calculs TASPIE et PIECOEF précédemment menés. Il consiste en la définition géométrique et les caractéristiques des ressorts représentant les 4 pieux.

6°) Sélectionner l'onglet [Propriétés des pieux] et cliquer sur le bouton radio « Etendu » pour visualiser les colonnes μ, ρ1 à ρ6 et γ. (Figure 5).

Double-cliquer dans la colonne « Famille » et choisir 4 fois « A » pour indiquer que tous les pieux sont identiques (Famille A), puis cliquer sur le bouton [Assistant automatique pour propriétés des pieux].

Toutes les propriétés des pieux (résultats venant du calcul TASPIE et PIECOEF) sont automatiquement complétées dans le tableau.

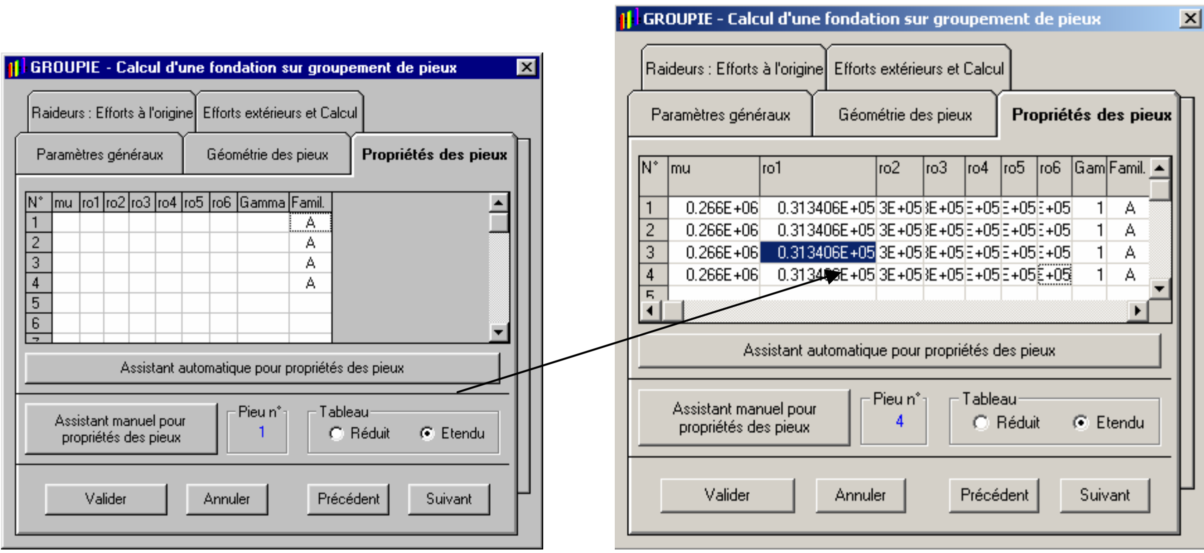


Figure H.42 : Module GROUPIE – Propriétés des pieux

Une fois le tableau rempli, il est possible de redéfinir à zéro la famille des pieux 2,3 et 4. Ceci permettra de ne traiter ensuite de manière détaillée qu'un seul pieu puisque les résultats liés à la flexion sont identiques dans chacun des pieux de cette famille.

7°) Poursuivre le remplissage des fenêtres. Appliquer le chargement décrit dans le dernier onglet.

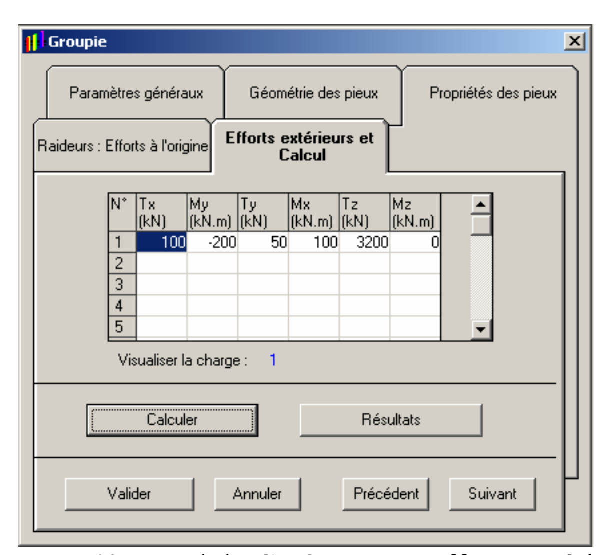


Figure H.43 : Module GROUPIE – Efforts extérieurs

Les autres onglets restent inchangés.

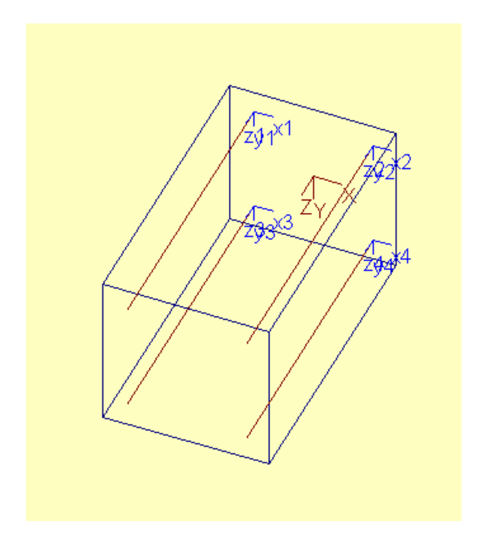
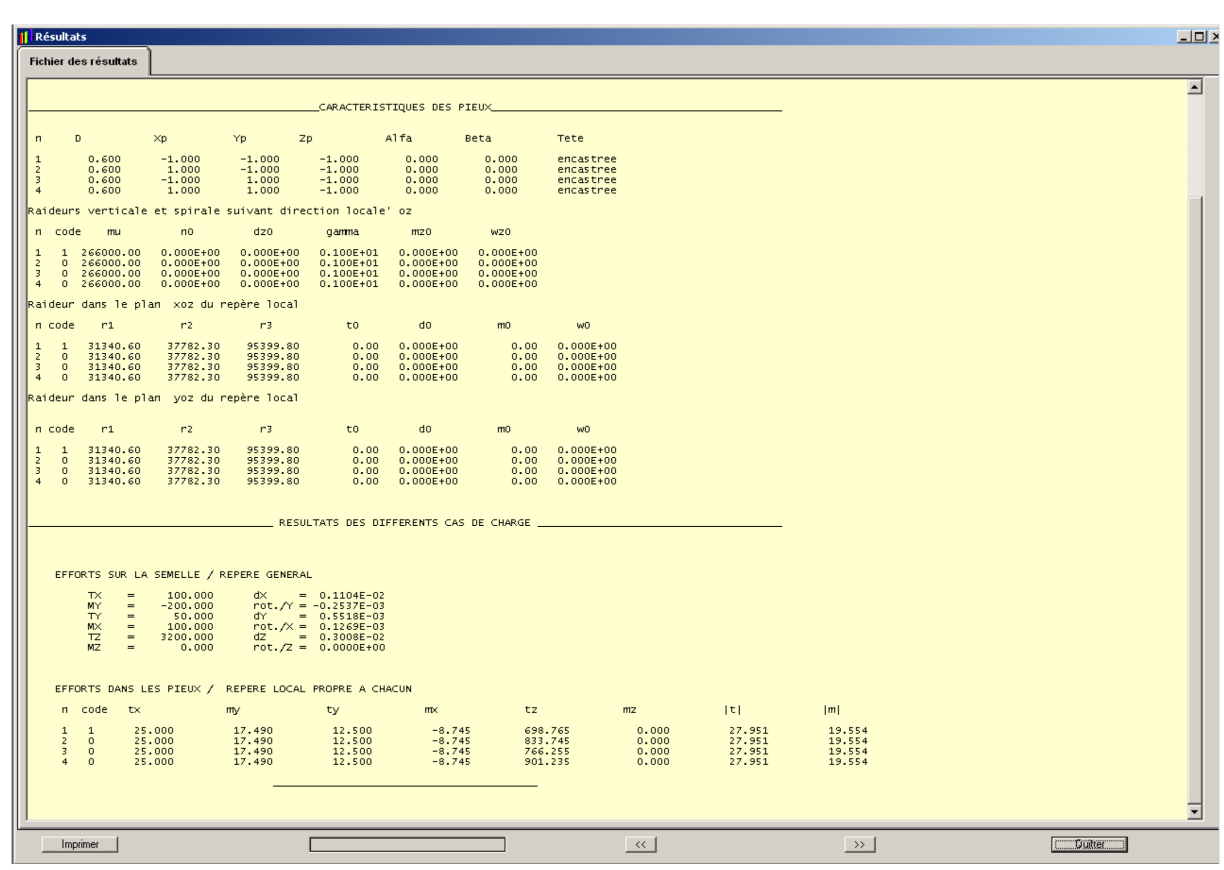


Figure H.44 : Représentation graphique du module GROUPIE

8°) Cliquer une seule fois sur le bouton [Calculer] pour exécuter le calcul GROUPIE, puis sur le bouton [Résultats] pour exploiter les résultats .



Résultats

Fichier des résultats

CARACTERISTIQUES DES PIEUX

n	D	Xp	Yp	Zp	Alfa	Beta	Tete
1	0.600	-1.000	-1.000	-1.000	0.000	0.000	encastree
2	0.600	1.000	-1.000	-1.000	0.000	0.000	encastree
3	0.600	-1.000	1.000	-1.000	0.000	0.000	encastree
4	0.600	1.000	1.000	-1.000	0.000	0.000	encastree

Raideurs verticale et spirale suivant direction locale' oz

n	code	mu	n0	dz0	gamma	mz0	wz0
1	1	266000.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00
2	0	266000.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00
3	0	266000.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00
4	0	266000.00	0.000E+00	0.000E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.000E+00

Raideur dans le plan xoz du repère local

n	code	r1	r2	r3	t0	d0	m0	w0
1	1	31340.60	37782.30	95399.80	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
2	0	31340.60	37782.30	95399.80	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
3	0	31340.60	37782.30	95399.80	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
4	0	31340.60	37782.30	95399.80	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00

Raideur dans le plan yoz du repère local

n	code	r1	r2	r3	t0	d0	m0	w0
1	1	31340.60	37782.30	95399.80	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
2	0	31340.60	37782.30	95399.80	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
3	0	31340.60	37782.30	95399.80	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00
4	0	31340.60	37782.30	95399.80	0.00	0.000E+00	0.00	0.000E+00

RESULTATS DES DIFFERENTS CAS DE CHARGE

EFFORTS SUR LA SEMELLE / REPERE GENERAL

TX =	100.000	dX =	0.1104E-02
MY =	-200.000	rot./Y =	-0.2537E-03
TY =	50.000	dY =	0.5518E-03
MX =	100.000	rot./X =	0.1269E-03
TZ =	3200.000	dZ =	0.3008E-02
MZ =	0.000	rot./Z =	0.0000E+00

EFFORTS DANS LES PIEUX / REPERE LOCAL PROPRE A CHACUN

n	code	tx	my	ty	mx	tz	mz	|t|	|m|
1	1	25.000	17.490	12.500	-8.745	698.765	0.000	27.951	19.554
2	0	25.000	17.490	12.500	-8.745	833.745	0.000	27.951	19.554
3	0	25.000	17.490	12.500	-8.745	766.255	0.000	27.951	19.554
4	0	25.000	17.490	12.500	-8.745	901.235	0.000	27.951	19.554

Imprimer << >> Quitter

Figure H.45 : Résultats du calcul GROUPIE

Les efforts horizontaux se répartissent de manière égale entre les 4 pieux : aucun effet de groupe n'a été pris en compte vis-à-vis des efforts latéraux, même loi de réaction pour les 4 pieux.
La répartition des efforts verticaux a été modifiée par rapport à l'exemple précédent, du fait des moments appliqués à la semelle.

H.3.2.3. Etape 3 : Calcul PIECOEF étendu

Dans la dernière étape de cet exemple, le calcul Piecoef « étendu » va permettre de définir les déformations et sollicitations dans chaque pieu à partir des efforts et moments introduits dans le calcul GROUPIE.

9°) Nous allons repartir des données de la fenêtre Piecoef. Sélectionner l'onglet [Caractéristiques de couches de sol] et cocher l'option [Fichiers GROUPIE].

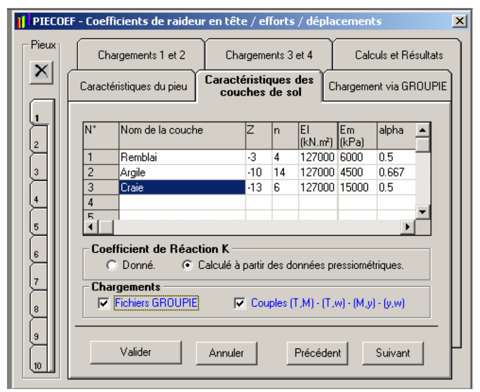


Figure H.46 : Données du calcul PIECOEF étendu

10°) Sélectionner maintenant le nouvel onglet [Chargement via GROUPIE] apparu. Cliquer sur le bouton [Ajouter un fichier GROUPIE] et sélectionner successivement les fichiers « monprojet_a_xx » et « monprojet_a_yy » pour évaluer les déformations et sollicitations dans les directions (X et Y) de l'espace.

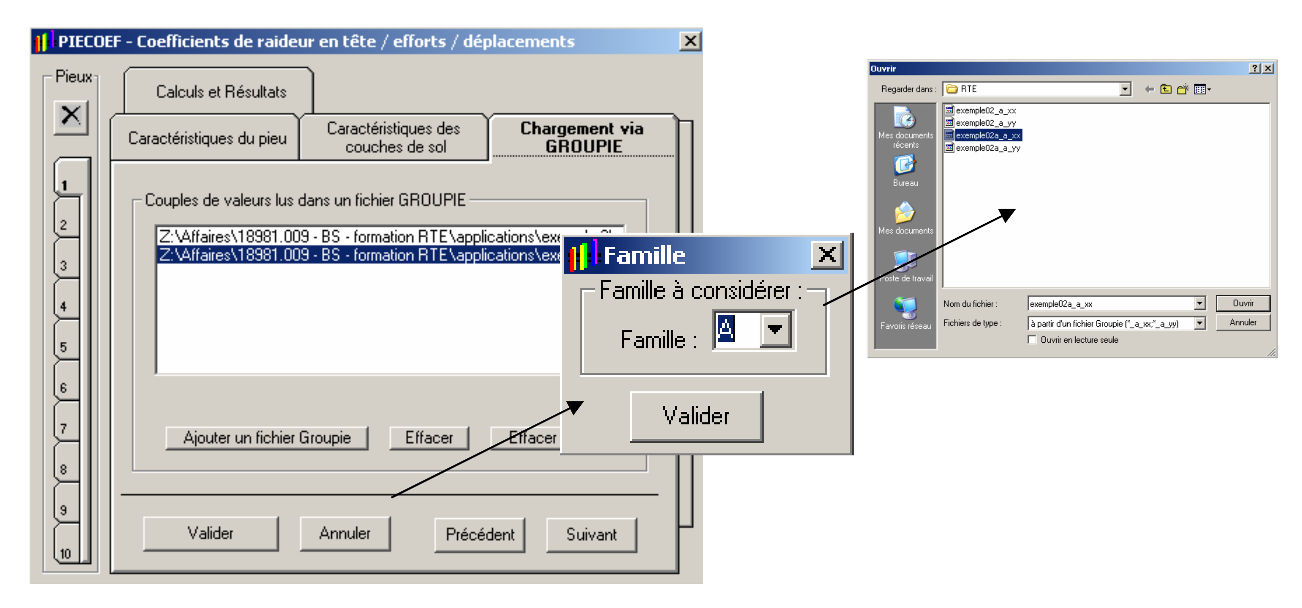


Figure H.47 : Chargement via GROUPIE

11°) Retourner dans l'onglet [Calculs] pour relancer les calculs. Vous noterez que la liste comprend maintenant deux références de calculs en plus du choix [Manuel].

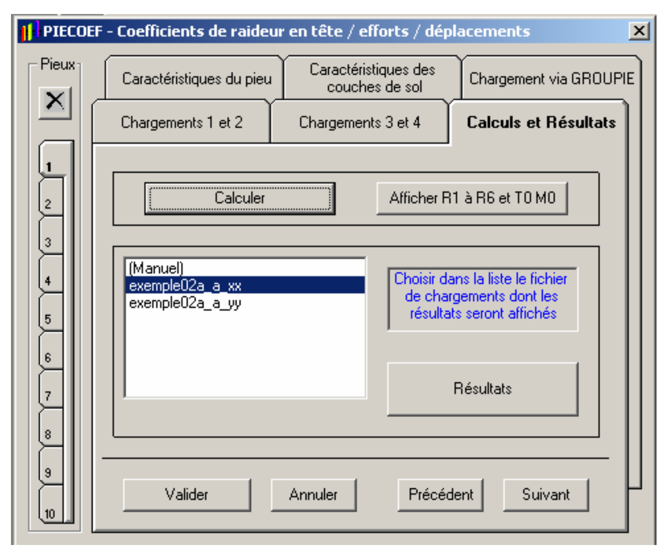


Figure H.48 : Module PIECOEF – Onglet 6

12°) Les calculs ayant été relancés, cliquer successivement sur « monprojet_a_xx » et [Afficher les graphiques] puis sur « monprojet_a_yy » et [Afficher les graphiques] pour obtenir l'ensemble des sollicitations induites dans les pieux dans les directions XX et YY.

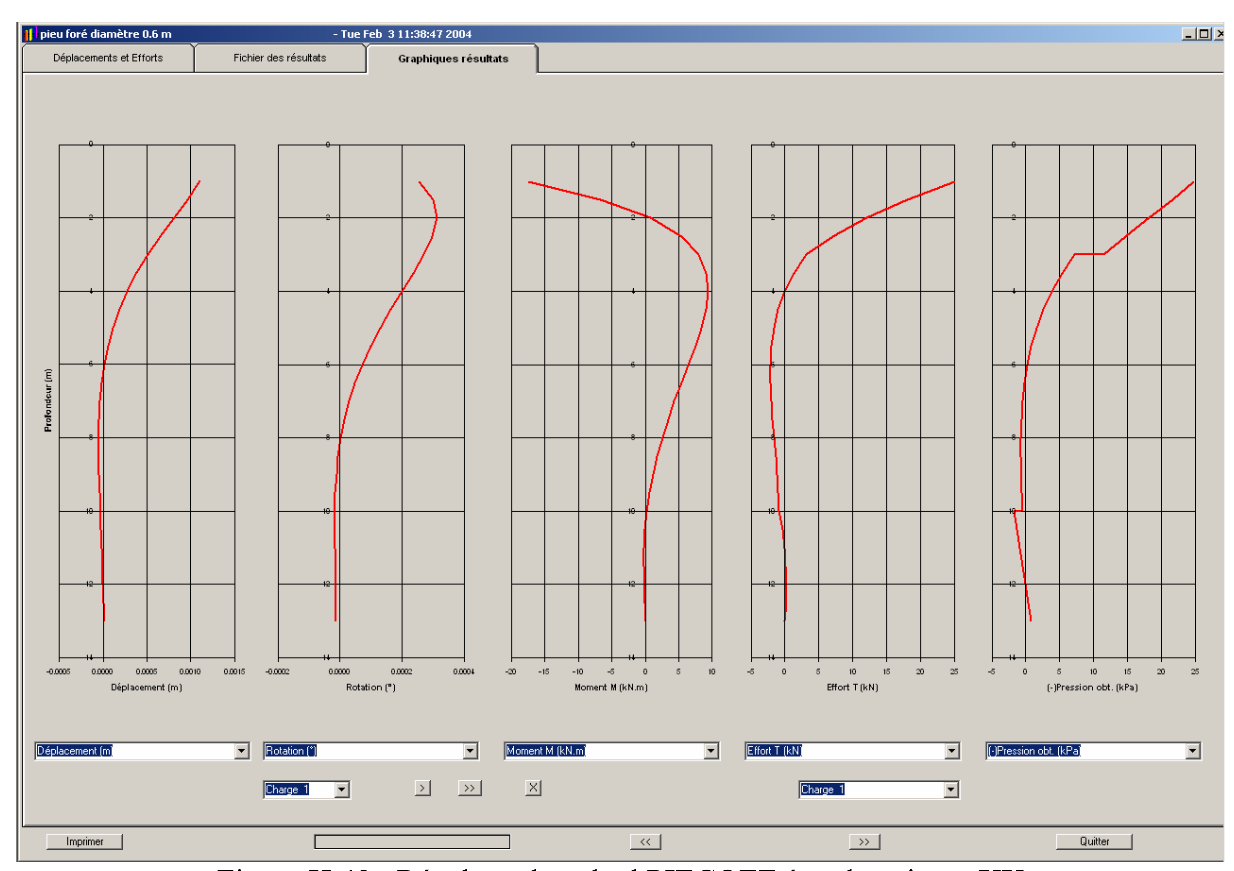


Figure H.49 : Résultats du calcul PIECOEF étendu suivant XX

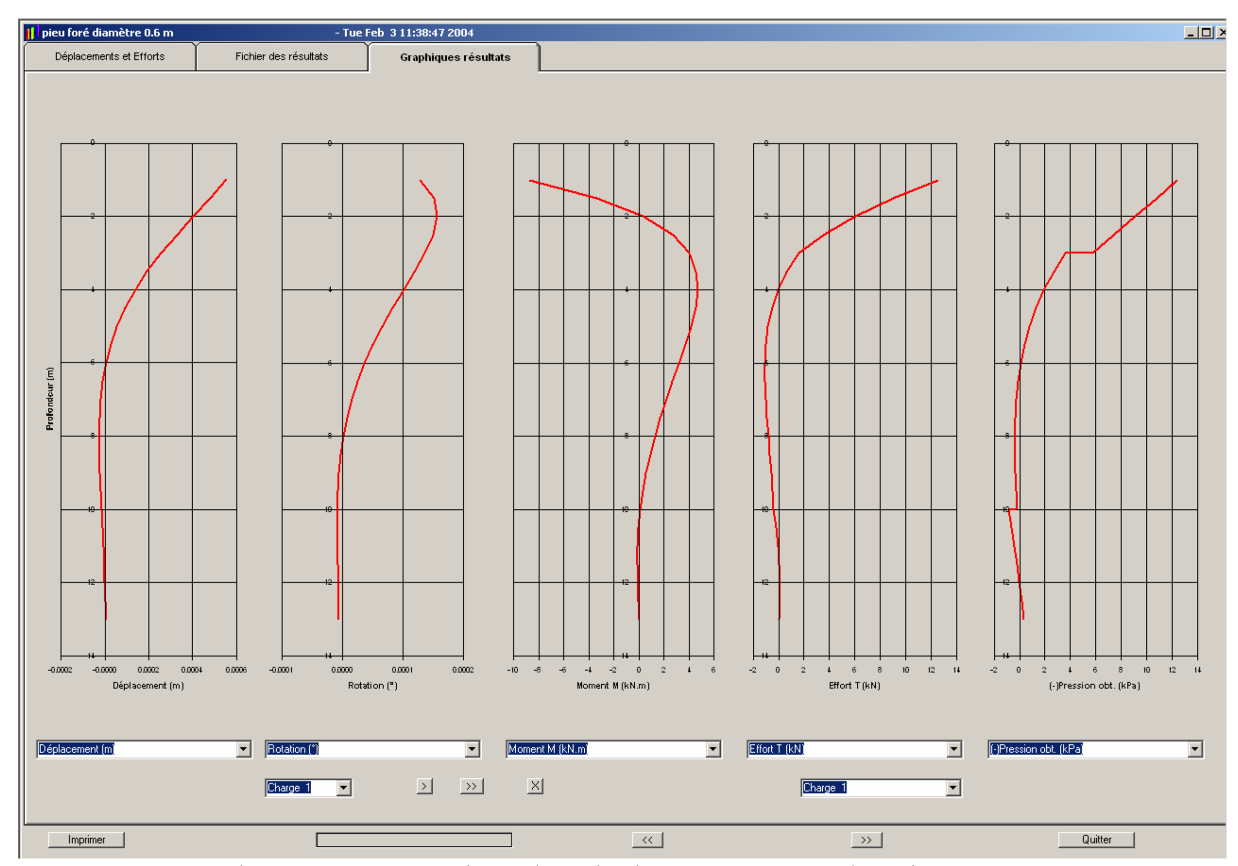


Figure H.50 : Résultats du calcul PIECOEF étendu suivant YY

Dans chacune des directions XX et YY, 3 séries de courbes sont disponibles : celle correspondant au chargement défini (charge 1), ainsi que les enveloppes maxi (charge 2) et mini (charge 3).

13°) Pour obtenir la combinaison quadratique de ces sollicitations, sélectionner «[PIEQUADR : Combinaison quadratique] dans le menu [Outils] de la fenêtre principale.

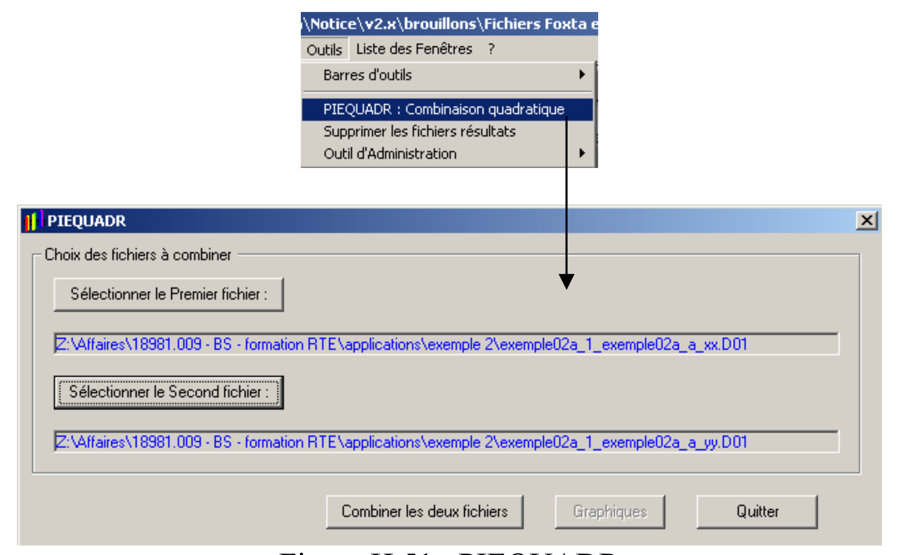


Figure H.51 : PIEQUADR

14°) Sélectionner les deux fichiers correspondants à votre projet, cliquer sur le bouton [Combiner les deux fichiers] et cliquer enfin sur le bouton [Graphiques] pour obtenir les graphes de la figure 14 (Cas de charges A1-B1-A1B1 par exemple).

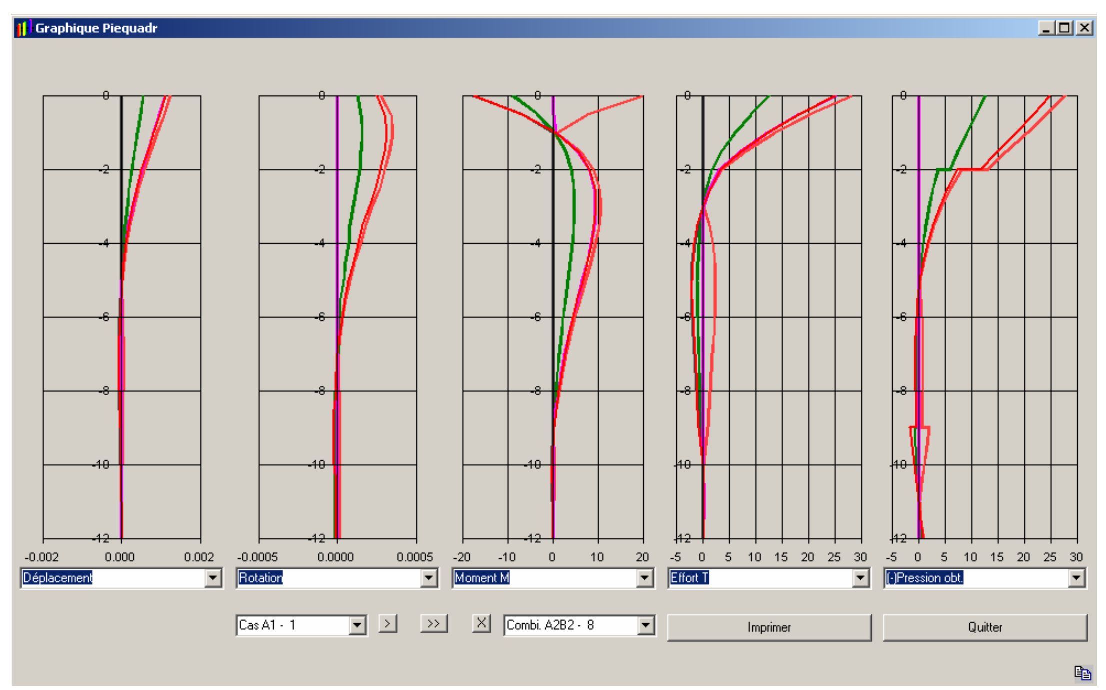


Figure H.52 : Affichage graphique des résultats PIEQUADR

Sur le graphique ci-dessus ont été superposées toutes les courbes disponibles : 3 suivant XX (A1 à A3 : chargement défini, enveloppes maxi et mini), 3 suivant YY (B1 à B3 : chargement défini, enveloppes maxi et mini), combinaison quadratique (A1B1 et A2B2 : combinaison quadratique pour le chargement défini et enveloppe).

H.3.3. Exemple 3

H.3.3.1. Présentation du problème

Afin d'assurer la protection acoustique d'une autoroute, des écrans anti-bruit doivent être réalisés et fondés sur micropieux pour leur permettre de résister aux diverses sollicitations extérieures.

Les schémas ci-dessous présentent les vues en plan et en section des fondations d'un tronçon constitué d'une semelle et de deux micropieux : un micropieu est incliné d'un angle de 13.5° (M1), l'autre est vertical (M2).

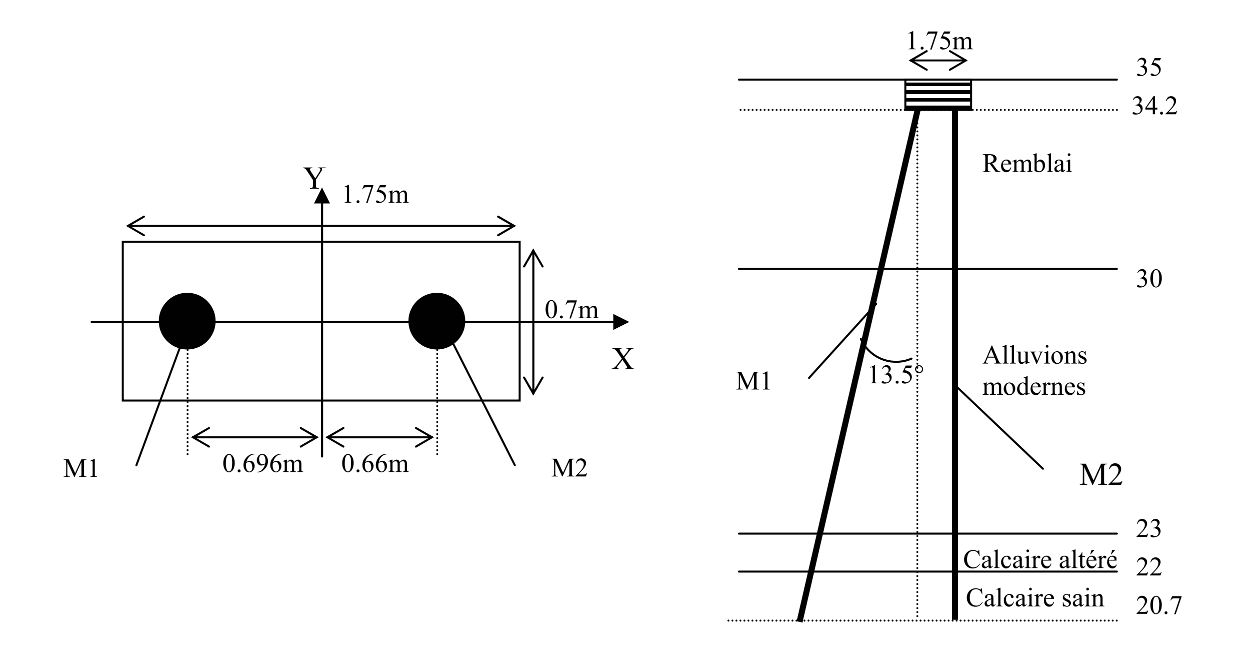


Figure H.53a : Géométrie de la semelle   Figure H.53b : Coupe du sol

La coupe du sol est représentée ci-dessus. Les caractéristiques géotechniques sont :

Sol	z(m)	E_m (kPa)	pl (kPa)	pf (kPa)	α	q_s (kPa)
	35					
Remblai		7500	500	300	0.67	20
	30					
Alluvions modernes		5000	500	300	0.50	20
	23					
Calcaire altéré		20000	2500	1500	0.67	180
	22					
Calcaire sain		50000	6000	3500	0.50	260

TABLEAU H.1. : Profil et caractéristiques des sols

Les caractéristiques des micropieux sont :

- diamètre forage $\phi_f = 250$mm
- diamètre extérieur $\phi_e = 88.9$mm
- diamètre intérieur $\phi_i = 63.9$mm
- corrosion c = 2mm
- longueur : micropieu vertical : l = 13.5m
- micropieu incliné : l = 13.66m
- limite d'élasticité acier $\sigma_a = 560$MPa
- espacement entre deux couples de micropieux : ey = 2m

Pour dimensionner l'ouvrage, on considère que le type de fondation est mixte, c'est-à-dire que l'on prend en compte les efforts repris par la semelle. Aussi, dans ce problème, la semelle est modélisée, sous la forme d'un pieu fictif qui ne reprend des efforts qu'en traction/compression et qui a la même raideur en compression que la semelle. Les efforts repris en flexion sont donc négligés. Ce pieu supplémentaire est supposé vertical et situé entre les pieux, au niveau du centre d'inertie de la semelle.

Les sollicitations extérieures appliquées à la semelle se décomposent ainsi :

- une force horizontale : **Tx = 25 kN/m**
- une force verticale : **Tz = 190 kN/m**
- un moment de flexion : **My = 120 kN.m/m**

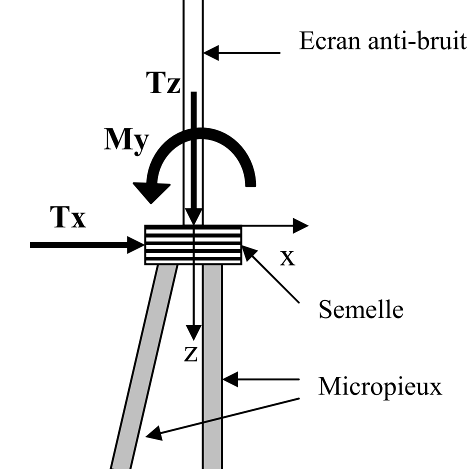


Figure H.54 : Sollicitations sur la semelle et les micropieux

Le calcul des sollicitations et des déplacements des pieux et de la semelle se déroule en trois grandes étapes réparties suivant les trois programmes utilisés : TASPIE, PIECOEF, GROUPIE.

Du point de vue des fichiers, le fichier "ecran_anti-bruit.fxt" est composé de :

- deux modules TASPIE : pieu 1 : micropieu vertical (ecran_anti-bruit_1.tpi)
pieu 2 : micropieu incliné (ecran_anti-bruit_2.tpi)
- deux modules PIECOEF : pieu 1 : micropieu vertical (ecran_anti-bruit_1.pcf)
pieu 2 : micropieu incliné (ecran_anti-bruit_2.pcf)
- un module GROUPIE qui réunit les informations et calcule le déplacement de la semelle et les efforts transmis à chaque micropieu (ecran_anti-bruit.gpi)

H.3.3.2. Création du projet

1°) Créer un "Nouveau projet" dans le menu "Fichier", l'enregistrer sous "ecran_anti-bruit.fxt" et entrer les données concernant le projet dans la fenêtre "Titre – n° Affaire – Commentaires"

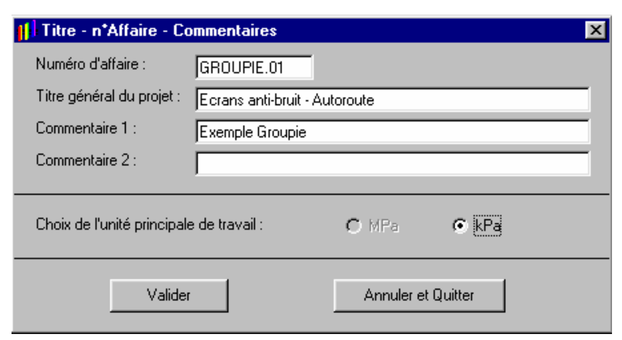
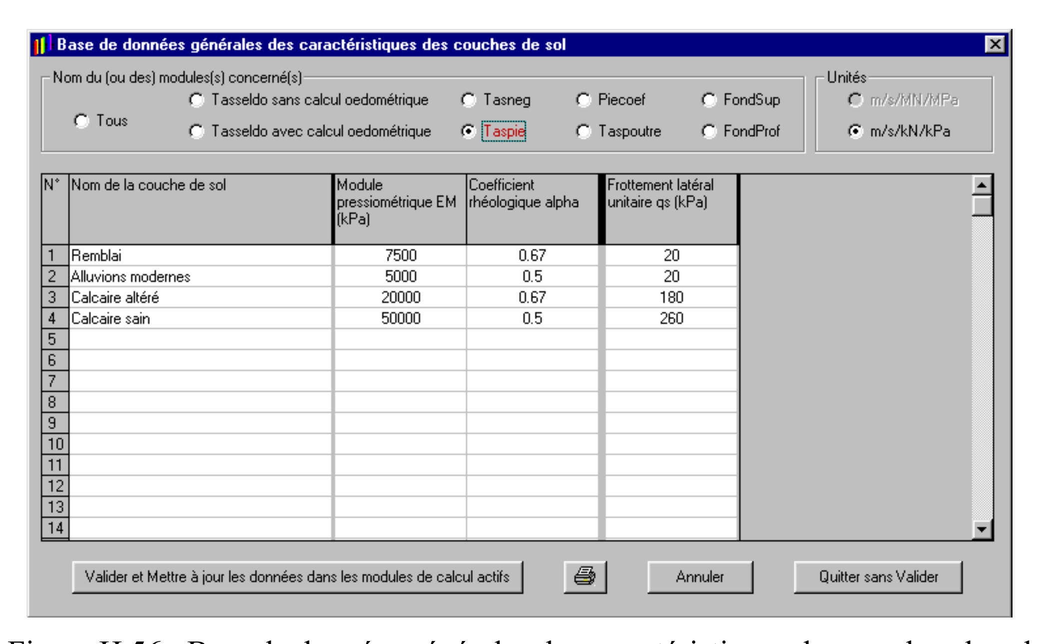


Figure H.55 : Titre – n° Affaire - Commentaire

2°) La fenêtre "Base de données générales des caractéristiques des couches de sol" apparaît. Lors de l'utilisation de FOXTA dans un projet nécessitant un grand nombre de modules de calcul, cette structure permet de garder en mémoire les caractéristiques des couches de sol.

- Dans la partie supérieure cocher l'option "Taspie", remplir les trois colonnes (voir tableau H.1.) et valider.



N°	Nom de la couche de sol	Module pressiométrique EM (kPa)	Coefficient rhéologique alpha	Frottement latéral unitaire qs (kPa)
1	Remblai	7500	0.67	20
2	Alluvions modernes	5000	0.5	20
3	Calcaire altéré	20000	0.67	180
4	Calcaire sain	50000	0.5	260

Figure H.56 : Base de données générales des caractéristiques des couches de sol
- module TASPIE -

- Faire de même pour l'option "Piecoef" et ses trois colonnes (voir tableau H.1.)

  Dans le cas présent, le coefficient de réaction du sol est inconnu mais est déduit des données pressiométriques. Aussi, la dernière colonne ("Coefficient de réaction k") doit être remplie de "0" (valeurs non prises en compte)

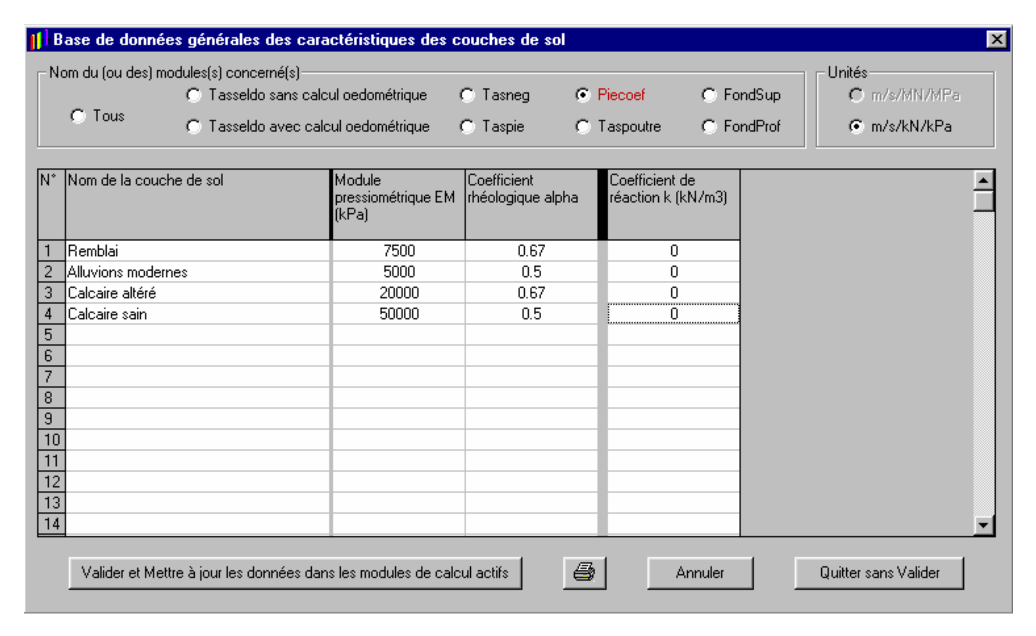


Figure H.57 : Base de données générales des caractéristiques des couches de sol
- module PIECOEF -

H.3.3.3 Calcul TASPIE : Raideur équivalente des micropieux en traction/compression

Les micropieux étant forés, il est nécessaire de déterminer le module d'Young équivalent afin de posséder l'ensemble des données à saisir.

La section forée est : $s^* = \frac{\pi}{4} \cdot \phi_f^2 = 490.4 cm^2$

La section d'acier est : $s_a = \frac{\pi}{4} \cdot \left((\phi_e - 2c)^2 - \phi_i^2 \right) = 24.542 cm^2$

Aussi, le module équivalent E* est tel que : $E^* \cdot s^* \approx E_a \cdot s_a$ c'est - à - dire

$$\underline{E^* = \frac{24.542}{490.4} 210000 = 10499 MPa}$$

Pieu 1 : micropieu vertical

3°) Créer un nouveau module TASPIE, la fenêtre TASPIE s'affiche pour le pieu n°1 et les onglets peuvent être remplis.

4°) Dans le premier onglet, en dessous du titre "Micropieu vertical : Calcul Taspie pour ecran", remplir les données suivantes :

- la section du pieu est circulaire
- la cote de référence de la tête du pieu est +34.2
- la loi de mobilisation du frottement latéral est obtenue à partir des formules de Frank et Zhao

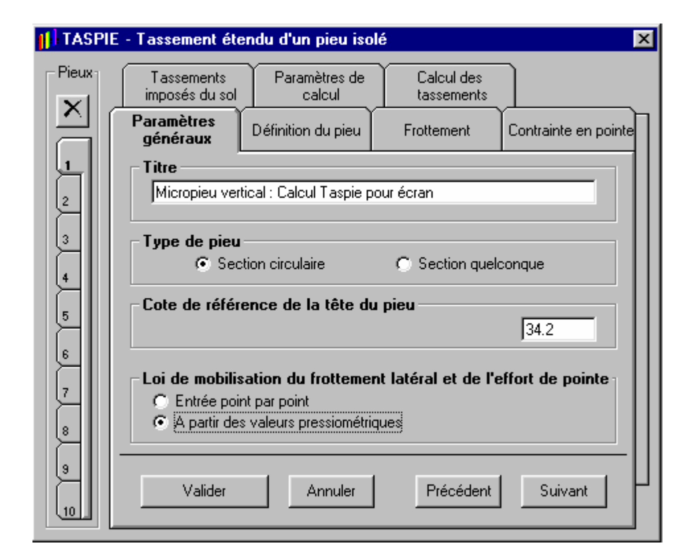


Figure H.58 : Module TASPIE – Paramètres généraux

5°) Dans le second, il s'agit de définir les caractéristiques du pieu :

- son diamètre : 0.25m
- son inclinaison par rapport à la verticale : 0°
- son module d'Young équivalent: 10499MPa
- son type de mise en place : sans refoulement

6°) Le troisième onglet décrit les couches de sol afin de calculer les distributions du frottement latéral grâce aux formules de Frank et Zhao.

Les colonnes concernant le module et le frottement sont remplies grâce à la base de données (double-cliquer dans la colonne "Nom de la couche", choisir la couche de sol et valider) .

Il reste à remplir :

- la colonne des cotes qui correspondent aux cotes de la base des couches
- la colonne des discrétisations
- la colonne des coefficients KFR. Ce coefficient permet de différencier les sols fins (KFR = 1) des sols granulaires (KFR = 2). En double cliquant dans la case à remplir, deux boutons apparaissent ("Pieu foré dans sol fin", "Pieu foré dans sol granulaire") et permettent à l'utilisateur de faire son choix. Dans ce projet, on considère que tous les sols sont fins.

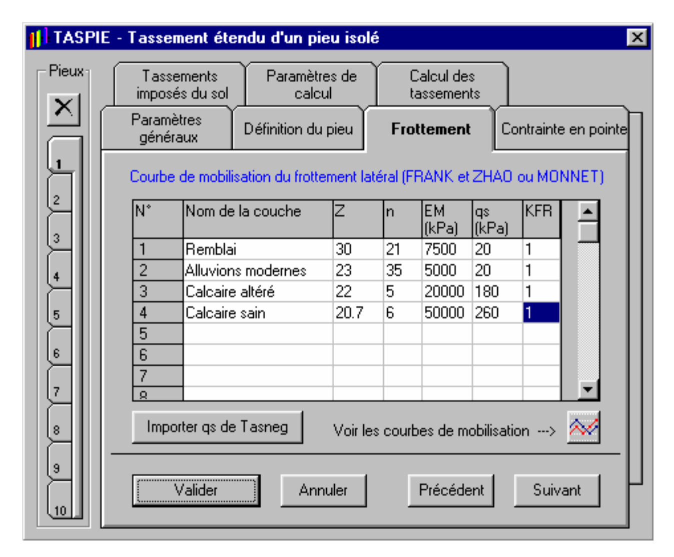


Figure H.59 : Module TASPIE – Frottement

En dessous du tableau, le bouton permet d'accéder à une visualisation graphique des lois de mobilisation du frottement latéral établies.

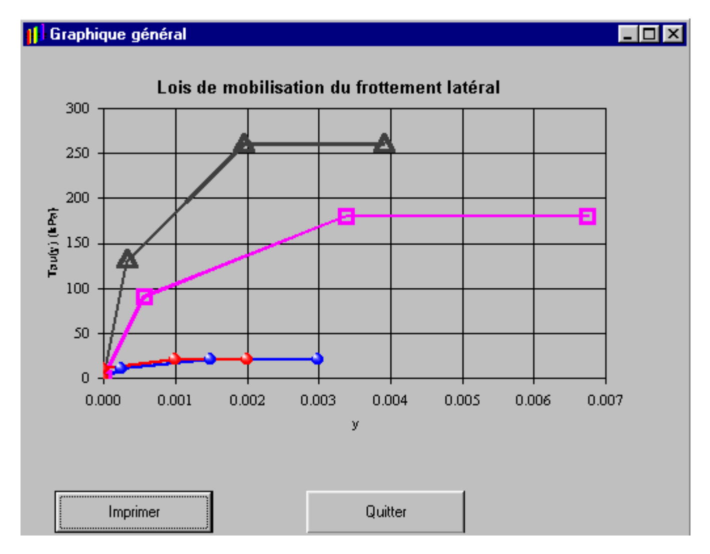


Figure H.60 : Module TASPIE – Graphique du frottement

7°) Puisqu'il s'agit de micropieux, l'effort de pointe à considérer dans l'onglet suivant est nul. Dans le cinquième onglet, choisir de ne pas imposer de tassement.

8°) Le sixième onglet concerne les paramètres de calcul. Le critère de convergence peut être pris égal à 1e-4 et l'impression de type normal. Enfin, les caractéristiques de l'intervalle de travail sont également à compléter. On peut choisir ici :

- déplacement en pied : minimum = 1.10^{-8}, maximum = 1.10^{-1}m (valeurs par défaut).
- découpage de l'intervalle [1.10^{-8} ; 1.10^{-1}] en NPAS = 50 itérations. (valeur par défaut).

9°) Enregistrer. Lancer le calcul dans le dernier onglet. La raideur en traction est calculée et enregistrée (59500 kN/m pour la charge ELS, combinaison quasi-permanente). Elle pourra ainsi être utilisée ultérieurement (dans Groupie).

Pieu 2 : micropieu incliné

10°) Sélectionner le pieu n°2 grâce à l'onglet vertical. Après l'affichage d'un message indiquant qu'aucune donnée n'existe encore pour ce pieu, la feuille Taspie est à nouveau active et prête à être remplie.

11°) Le calcul du pieu n°2 ne varie que très peu du calcul du pieu n°1. Aussi, il est intéressant d'importer ces informations.

Pour cela, cliquer sur "Importer.." dans le menu Fichier ou sur le bouton. Choisir l'option fichier Taspie. Rechercher l'emplacement sur le disque du fichier ecran_ anti-bruit_1.tpi enregistré précédemment et cliquer sur [Ouvrir].
Les informations du pieu n°1 sont maintenant également présentes dans le fichier du pieu n°2.

12°) Les modifications à réaliser sont les suivantes :

- dans le premier onglet : mettre à jour le titre du module (par exemple : "Micropieu incliné : Calcul Taspie pour ecran")
- dans le second onglet : modifier la valeur de l'inclinaison qui est ici égale à 13.5°

13°) Le reste des données est similaire au pieu précédent. Enregistrer et lancer le calcul dans le dernier onglet. La raideur en traction est calculée et enregistrée (58100 kN/m pour la charge ELS, combinaison quasi-permanente). Elle pourra ainsi être utilisée ultérieurement (dans Groupie).

H.3.3.4. Calcul FONDSUP : Raideur équivalente de la semelle en traction/compression

La raideur équivalente de la semelle correspond au rapport entre la sollicitation imposée et le tassement qui en découle, et peut être évaluée à l'aide du module Fondsup .

14°) Créer un nouveau module FONDSUP.

15°) Compléter les données comme indiqué sur les figures suivantes.

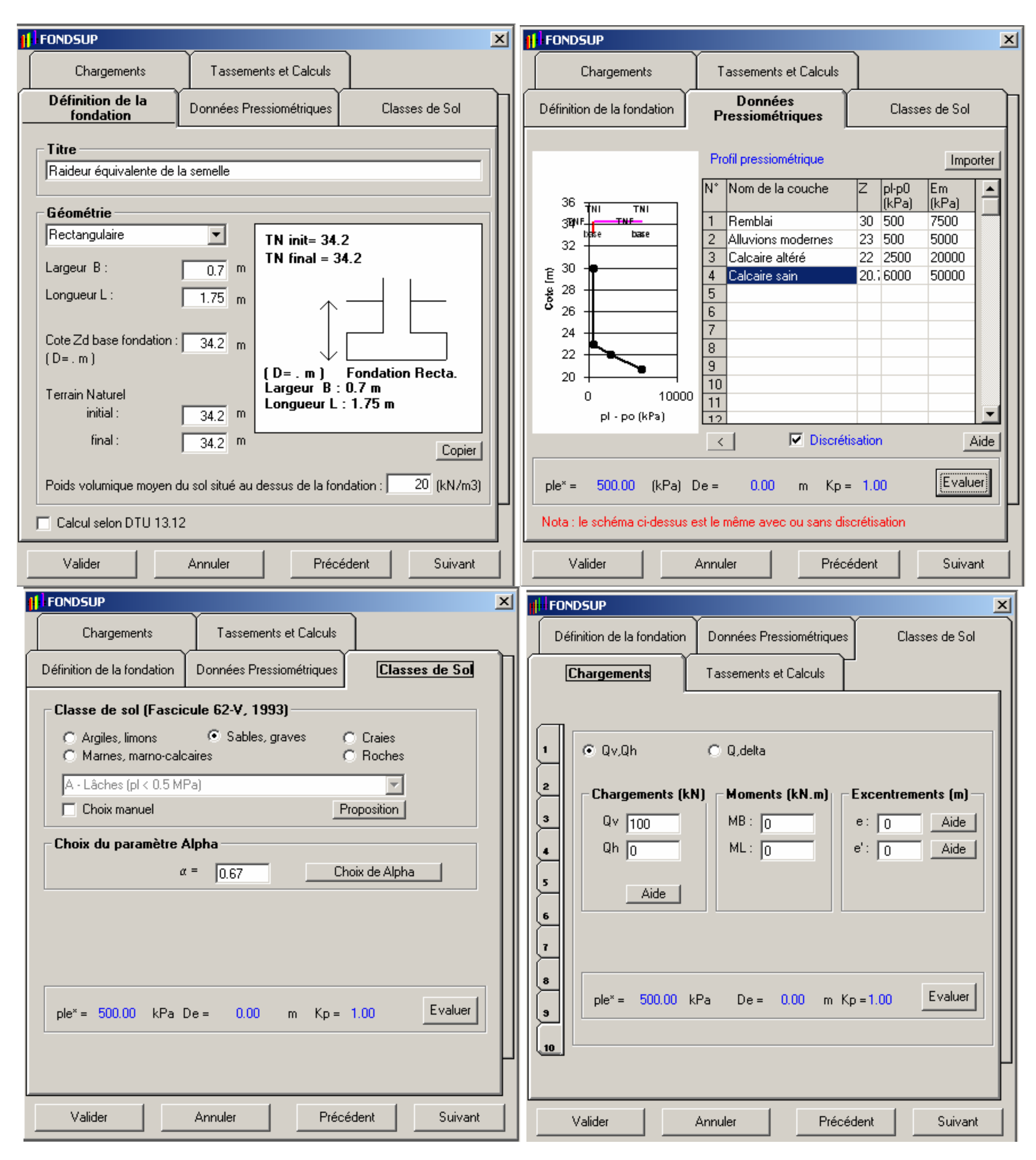


Figure H.61 : Module FONDSUP – Données à saisir

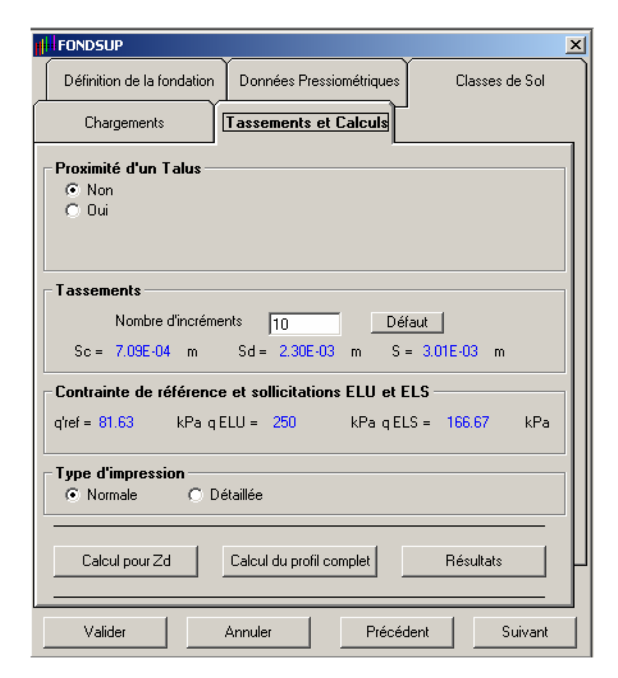


Figure H.62 : Module FONDSUP – Données à saisir (suite)

16°) Valider les données et lancer le calcul dans le dernier onglet.

La raideur recherchée est donnée par :

$$K = \frac{N}{s} = \frac{100}{3.01.10^{-3}} = 33223\text{kN/m}$$

H.3.3.5. Calcul PIECOEF : Coefficients de raideur en tête des micropieux en flexion

L'utilisation du programme PIECOEF nécessite la saisie du module de rigidité EI du pieu au niveau de chaque couche.

$$EI = E_a \cdot I_a = E_a \cdot \frac{\pi}{64} \cdot \left((\phi_e - 2c)^4 - \phi_i^4\right) = 210 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{64} \cdot \left((84.9 \cdot 10^{-3})^4 - (63.9 \cdot 10^{-3})^4\right)$$

$$\underline{EI = 363.7 kN.m^2}$$

Toutes les données nécessaires pour l'utilisation de PIECOEF sont à présent disponibles.

<u>Pieu 1 : micropieu vertical</u>

17°) Créer un nouveau module PIECOEF.

18°) Dans le premier onglet de la fenêtre PIECOEF, le pieu (pieu n°1) est défini et les informations suivantes sont à enregistrer :

- le titre : "Micropieu vertical : Calcul Piecoef pour ecran"
- la cote de référence (tête de pieu) : +34.2
- le diamètre du pieu : 0.25m
- l'inclinaison nulle par rapport à la verticale
- le pieu est libre en pied

19°) Dans le second, il s'agit du sol :

- le coefficient de réaction est calculé à partir des données pressiométriques (option en-dessous du tableau)
- les colonnes concernant le module pressiométrique et le coefficient rhéologique sont remplies grâce à la base de données en double cliquant dans la colonne "Nom de la couche"
- la cote Z et le nombre de discrétisations N sont complétés de la même manière que dans le module TASPIE correspondant
- le module de rigidité EI calculé ci-dessus est inscrit dans la colonne correspondante pour toutes les couches
- aucune pression extérieure n'étant imposée, les colonnes décrivant p1 et Dp sont complétées par des zéros
- l'option de chargement en bas de l'onglet n'est pas utilisée puisque la première étape consiste à calculer les coefficients de raideurs afin de les transmettre au programme Groupie

20°) Enregistrer le programme et lancer le calcul dans le dernier onglet

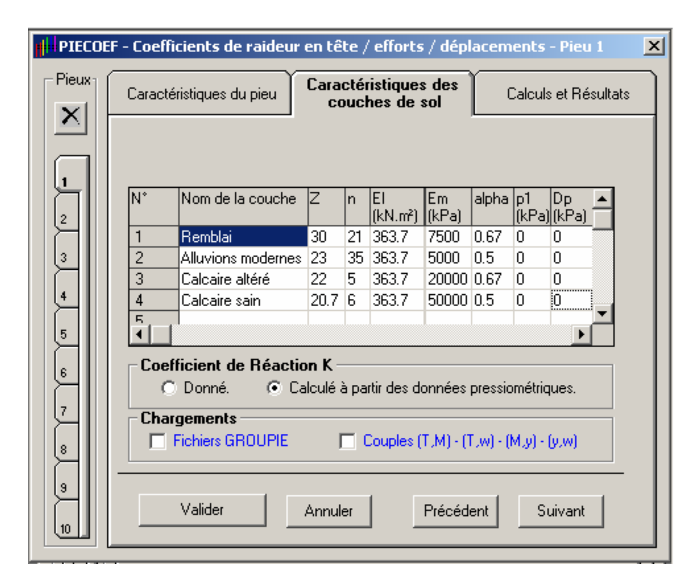


Figure H.63 : Module PIECOEF – Caractéristiques des couches de sol

Pieu 2 : micropieu incliné

21°) Sélectionner le pieu n°2 grâce à l'onglet vertical . Après l'affichage d'un message indiquant qu'aucune donnée n'existe encore pour ce pieu, la feuille Piecoef est à nouveau active et prête à être remplie.

22°) Le calcul du pieu n°2 ne varie que très peu du calcul du pieu n°1. Aussi, il est intéressant d'importer ces informations.

Pour cela, cliquer sur "Importer.." dans le menu Fichier ou sur le bouton . Choisir l'option fichier Piecoef. Rechercher l'emplacement sur le disque du fichier ecran_anti-bruit_1.pcf enregistré précédemment et cliquer sur [Ouvrir].
Les informations du pieu n°1 sont maintenant également présentes dans le fichier du pieu n°2.

23°) La modification à réaliser est la suivante :

- dans le premier onglet : mettre à jour le titre du module (par exemple : "Micropieu incliné : Calcul Piecoef pour ecran") et modifier la valeur de l'inclinaison qui est ici égale à 13.5°

24°) Le reste des données est similaire au pieu précédent. Enregistrer et lancer le calcul dans le dernier onglet.

H.3.3.6. Calcul GROUPIE : calcul du comportement du groupe de pieux

A présent, toutes les informations données ou établies par les calculs précédents, peuvent être rassemblées dans le module GROUPIE.

25°) Créer un module GROUPIE. Pour cela, dans le menu "Modules", cliquer sur "Nouveau module". La fenêtre "Enregistrer sous" apparaît à nouveau donnant ainsi la possibilité de donner un nouveau nom au module. On gardera ici le même nom.

26°) La fenêtre "Choix du module de calcul" s'affiche et il suffit de cliquer sur l'image correspondant à GROUPIE.

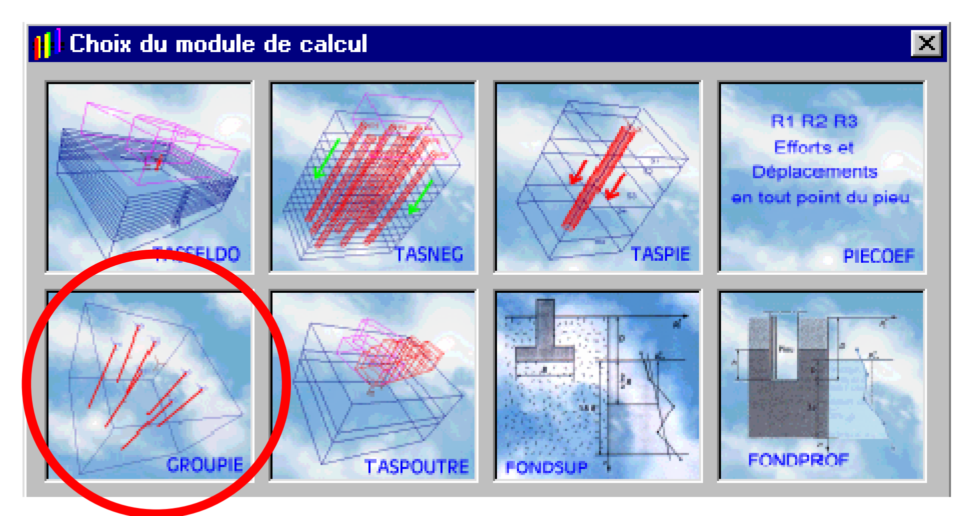


Figure H.64 : Choix du module de calcul

La fenêtre GROUPIE apparaît avec cinq onglets à remplir l'un après l'autre.

27°) Le premier onglet nommé "Paramètres généraux", contient :

- le titre : pour cet exemple on peut noter :
  "Exemple Groupie : Ecrans anti-bruit"
- la cote de référence c'est-à-dire la cote en tête de pieu : ici elle est égale à +34.2.



Figure H.65 : Module GROUPIE – Paramètres généraux

28°) A chaque clic sur le bouton "Valider", la représentation graphique est mise à jour en fonction des nouvelles données saisies.

29°) Le second onglet "Géométrie des pieux" contient les informations relatives à :

- l'emplacement des pieux (coordonnées X, voir figure H.16a). Il suffit de représenter un seul pieu de chaque file. On conserve donc Y = 0 pour chaque pieu.
- leur géométrie (diamètre D = 0.25m pour les micropieux et D = 1.75m = largeur de la semelle pour le pieu équivalent à celle-ci)
- leur orientation (angles α et β, voir figure H.16b)
- leur condition en tête, de liaison avec la semelle : ici tous les pieux sont considérés comme encastrés dans la semelle

Deux boutons à droite [Schéma d'aide 1] et [Schéma d'aide 2] permettent de visualiser les conventions adoptées pour l'orientation des axes OX, OY et OZ et des angles α et β.

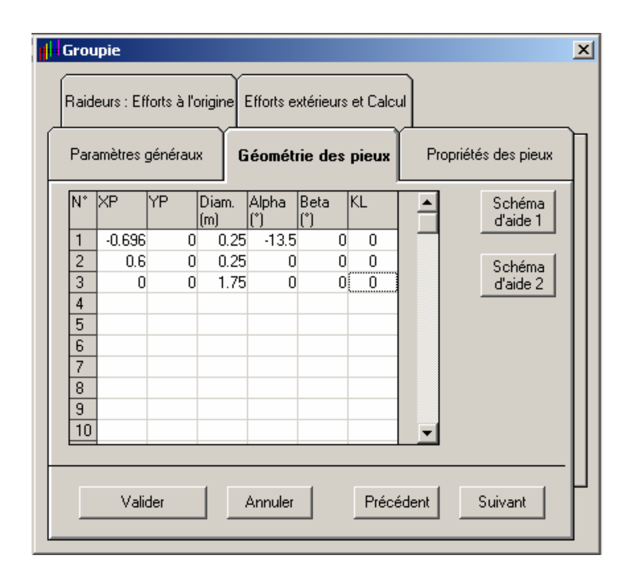


Figure H.66 : Module GROUPIE – Géométrie des pieux

Ci-dessus, les pieux sont déclarés file par file. La première file (première ligne) est celle des micropieux inclinés, la seconde (2ème ligne) celle des micropieux verticaux et la dernière (3ème ligne) la file des pieux modélisant le comportement en compression de la semelle (Voir Figure H.16).

30°) Le troisième onglet concerne les caractéristiques mécaniques de chaque pieu. Pour compléter ces informations, il est aisé d'utiliser l'"Assistant manuel pour propriétés des pieux". Sélectionner la première ligne et cliquer sur "Assistant manuel pour propriétés des pieux".

31°) Une nouvelle fenêtre nommée "Assistance à la détermination des paramètres pour un calcul Groupie" s'ouvre. Sélectionner l'onglet "Utilisation des résultats de Taspie". Rechercher l'emplacement et le nom du fichier contenant le module Taspie souhaité (ecran_anti-bruit_2.B03 pour le micropieu incliné). Une fois ce fichier sélectionné, les résultats obtenus apparaissent sur la moitié droite. Cliquer sur "Validation et Transfert vers Groupie". La fenêtre se ferme et les données sont transférées de façon invisible pour l'utilisateur. Pour voir toutes les propriétés des pieux, il suffit de choisir l'option "Etendu", en bas à droite de cet onglet.

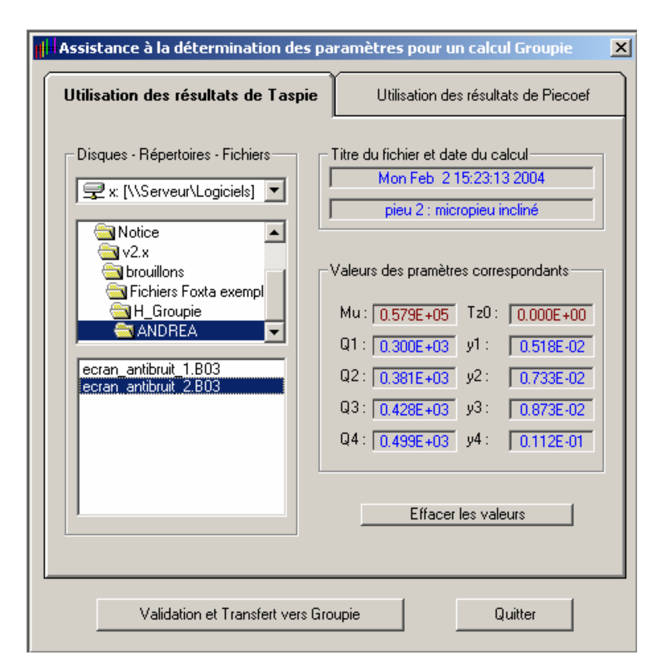


Figure H.67 : Assistant à la détermination des paramètres : Résultats de Taspie

32°) Tout en restant sur la première ligne, cliquer à nouveau sur "Assistant manuel pour propriétés des pieux", mais dans la fenêtre de l'Assistant, choisir l'onglet "Utilisation des résultats de PIECOEF". La présentation de cet onglet est similaire à celle de l'onglet concernant Taspie. Effectuer les mêmes opérations avec le fichier ecran_anti-bruit_2.D02 et valider.

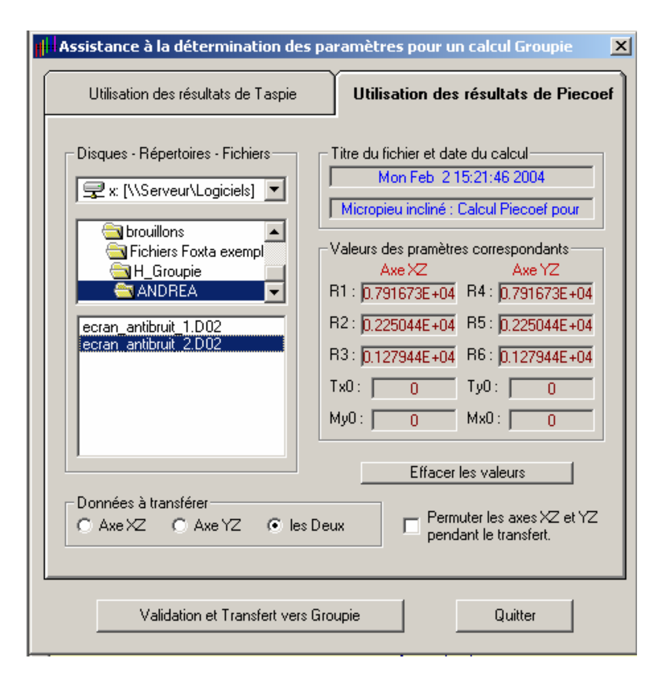


Figure H.68 : Assistant à la détermination des paramètres : Résultats de Piecoef

33°) En ajoutant encore le nom "A" de la famille dans la seule colonne visible, la première ligne est complétée.

Reprendre les mêmes opérations pour les pieux verticaux, de la famille "B", à partir des fichiers ecran_anti-bruit_1.B03 et ecran_anti-bruit_1.D02.

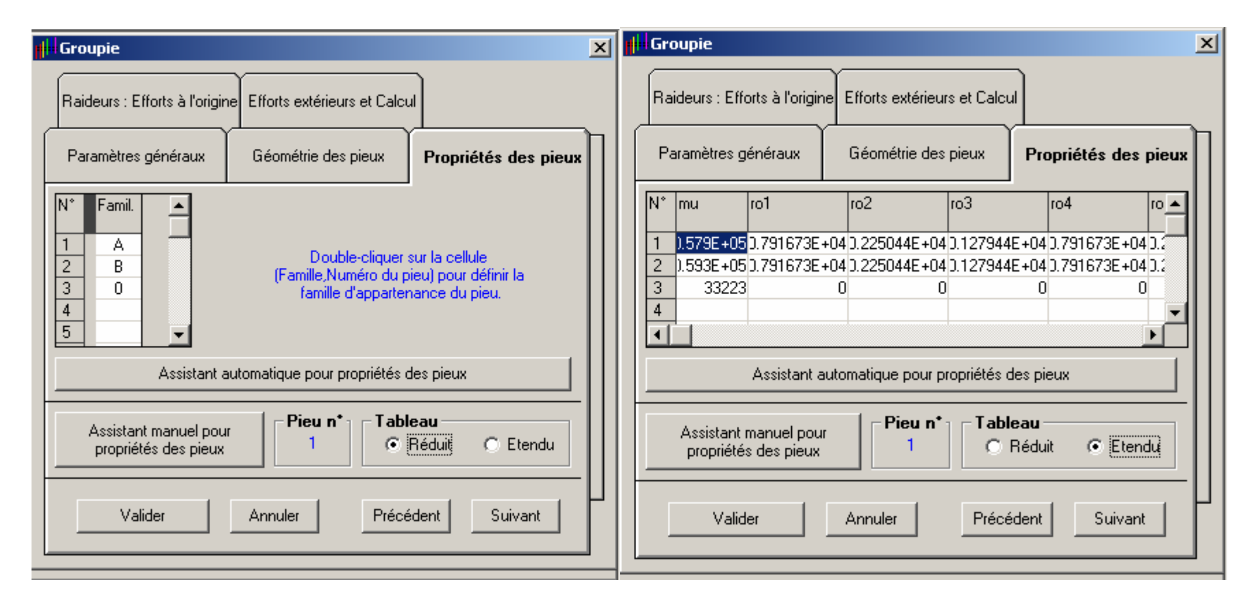


Figure H.69a : Propriétés des pieux (réduit) Figure H.69b : Propriétés des pieux (étendu)

Enfin pour les pieux modélisant la semelle (ligne 3), il est nécessaire de saisir les données manuellement. Cliquer sur l'option "Etendu" et compléter les cases comme indiquée sur la figure H.69b.

34°) Le quatrième onglet "Raideurs : Efforts à l'origine" permet la saisie de raideurs initiales qui correspondent par exemple à des tassements imposés ou à un déplacement libre du sol. Dans cet exemple toutes les raideurs initiales sont nulles.

On peut noter que lorsque des résultats de Taspie ou de Piecoef sont importés dans l'onglet précédent, les informations de raideurs initiales, comprises dans le fichier sélectionné, sont également importées.

35°) Le cinquième et dernier onglet concerne le chargement appliqué à la semelle, le lancement du calcul et la visualisation des résultats.

En ce qui concerne le chargement, le groupe de pieu étant modélisé pour 1m de longueur de semelle dans le plan perpendiculaire à la figure, les sollicitations à appliquer sont :

- force horizontale : Tx = 25kN
- force verticale : Tz = 190kN
- moment de flexion : My = 120kN.m

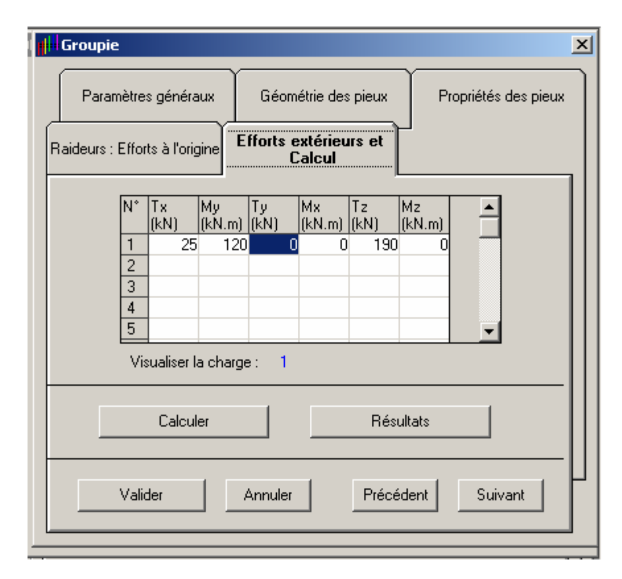


Figure H.70 : Module GROUPIE – Efforts extérieurs et Calcul

36°) Appuyer sur valider et enregistrer. Dans la fenêtre de la représentation graphique tridimensionnelle, la figure suivante est affichée :

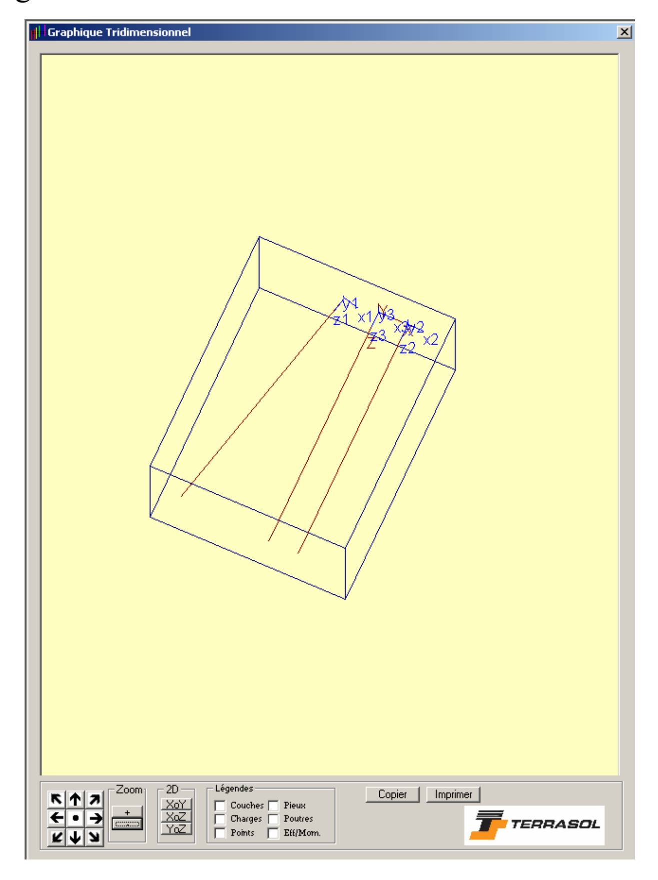


Figure H.71 : Fenêtre de graphique tridimensionnel

37°) Lancer le calcul grâce au bouton [Calculer]

38°) Le fichier de résultats est obtenu en cliquant sur le bouton [Résultats] et imprimé en cliquant sur le bouton [Imprimer] dans la nouvelle fenêtre de résultats qui s'affiche.

FOXTA - Projet : X:\FoXta\Notice et Aide FoXta\Notice\v2.x\brouillons\Fichiers Foxta exemples\H_Groupie\ANDREA\ecran_antibruit.fxt

Fichier Modules Données générales Outils Liste des Fenêtres ?

Résultats

Fichier des résultats

```
Exemple GROUPIE : Ecrans anti-bruit

______________________________CARACTERISTIQUES DES PIEUX______________________________

 n     D          Xp         Yp        Zp         Alfa       Beta       Tete

  1    0.250     -0.696      0.000     34.200     -13.500     0.000     encastree
  2    0.250      0.600      0.000     34.200       0.000     0.000     encastree
  3    1.750      0.000      0.000     34.200       0.000     0.000     encastree
Raideurs verticale et spirale suivant direction locale' oz

 n  code    mu         n0         dz0        gamma      mz0        wz0

  1  1   57900.00   0.000E+00  0.000E+00  0.100E+01  0.000E+00  0.000E+00
  2  2   59300.00   0.000E+00  0.000E+00  0.100E+01  0.000E+00  0.000E+00
  3  0   33223.00   0.000E+00  0.000E+00  0.100E+01  0.000E+00  0.000E+00
Raideur dans le plan  xoz du repère local

 n code    r1         r2         r3          t0        d0          m0         w0

  1  1    7916.73    2250.44    1279.44      0.00   0.000E+00      0.00   0.000E+00
  2  2    7916.73    2250.44    1279.44      0.00   0.000E+00      0.00   0.000E+00
  3  0       0.00       0.00       0.00      0.00   0.000E+00      0.00   0.000E+00
Raideur dans le plan  yoz du repère local

 n code    r1         r2         r3          t0        d0          m0         w0

  1  1    7916.73    2250.44    1279.44      0.00   0.000E+00      0.00   0.000E+00
  2  2    7916.73    2250.44    1279.44      0.00   0.000E+00      0.00   0.000E+00
  3  0       0.00       0.00       0.00      0.00   0.000E+00      0.00   0.000E+00

__________________________ RESULTATS DES DIFFERENTS CAS DE CHARGE __________________________

   EFFORTS SUR LA SEMELLE / REPERE GENERAL

       TX    =      25.000      dX      =  0.2677E-02
       MY    =     120.000      rot./Y  =  0.2423E-02
       TY    =       0.000      dY      =  0.0000E+00
       MX    =       0.000      rot./X  =  0.0000E+00
       TZ    =     190.000      dZ      =  0.1437E-02
       MZ    =       0.000      rot./Z  =  0.0000E+00

   EFFORTS DANS LES PIEUX /  REPERE LOCAL PROPRE A CHACUN

    n  code   tx          my          ty          mx          tz          mz          |t|         |m|

    1   1     31.835      10.599      0.000       0.000       139.659     0.000       31.835      10.599
    2   2     26.648       9.125      0.000       0.000        -0.978     0.000       26.648       9.125
    3   0      0.000       0.000      0.000       0.000        47.746     0.000        0.000       0.000
                          ________________________________
```

Imprimer << >> Quitter

02/02/2004 - 15:45:22 | Ouvre la fenêtre d'affichage des tableaux de résultats.

Figure H.72 : Module GROUPIE – Fenêtre des résultats

Les résultats calculés par Groupie sont :

- les déplacements et rotations de la semelle
- les efforts en tête de chaque pieu

Les déplacements au centre de la semelle sont donnés dans le fichier de résultats (zone entourée en rouge).
Le pieu incliné travaille en compression. La figure suivante illustre les résultats pour ce pieu.

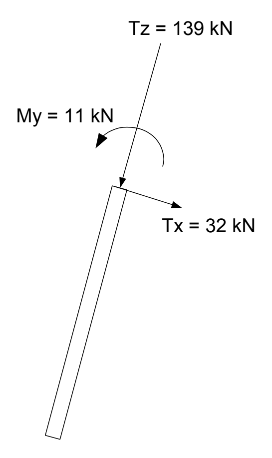


Figure H.73 : Module GROUPIE – Résultats pour le pieu incliné

Pour obtenir les efforts et les déplacements le long du pieu, il faut réinjecter ces données dans les fichiers PIECOEF créés précédemment, grâce au numéro donné à chaque type de famille de pieux.

39°) Enregistrer. Sélectionner la fenêtre "Piecoef" :

- soit en cliquant sur "Modules" dans la barre du menu principal et en y sélectionnant "PIECOEF"
- soit en cliquant sur la barre d'outil des modules
- soit en cliquant sur la fenêtre si elle est visible

40°) Dans le second onglet, cocher l'option "Fichiers GROUPIE" : un nouvel onglet nommé "Chargement via GROUPIE " apparaît.



Figure H.74 : Module GROUPIE – Chargement via GROUPIE

41°) Dans cet onglet, - cliquer sur [Ajouter un fichier Groupie],
- sélectionner la famille A pour les pieux inclinés
- déterminer le fichier de données dans la fenêtre "Ouvrir",

Dans cette fenêtre, seuls apparaissent les fichiers attribués la famille A, c'est-à-dire s'écrivant "nom_a_xx" ou "nom_a_yy", le premier concernant les résultats Groupie dans le plan (Oxz) et le second dans le plan (Oyz). Dans cet exemple, il ne résulte aucun effort dans le plan (Oyz), aussi, on ajoute uniquement le fichier "ecran_anti-bruit_a_xx".

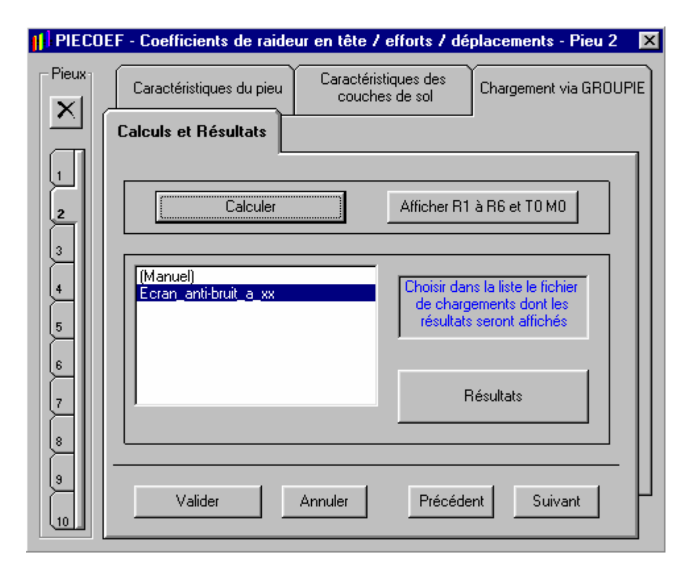


Figure H.75 : Module GROUPIE – Calculs et résultats

42°) Dans le dernier onglet "Calculs et Résultats", sélectionner, dans le cadre blanc, le fichier "ecran_a_xx" et cliquer sur "Calculer".

Les déplacements et les sollicitations le long du pieu sont alors calculés pour un effort en tête correspondant à la situation exposée : 2 micropieux encastrés dans une semelle.

Les résultats peuvent être visualisés soit sous forme de tableaux, soit sous forme de graphiques.

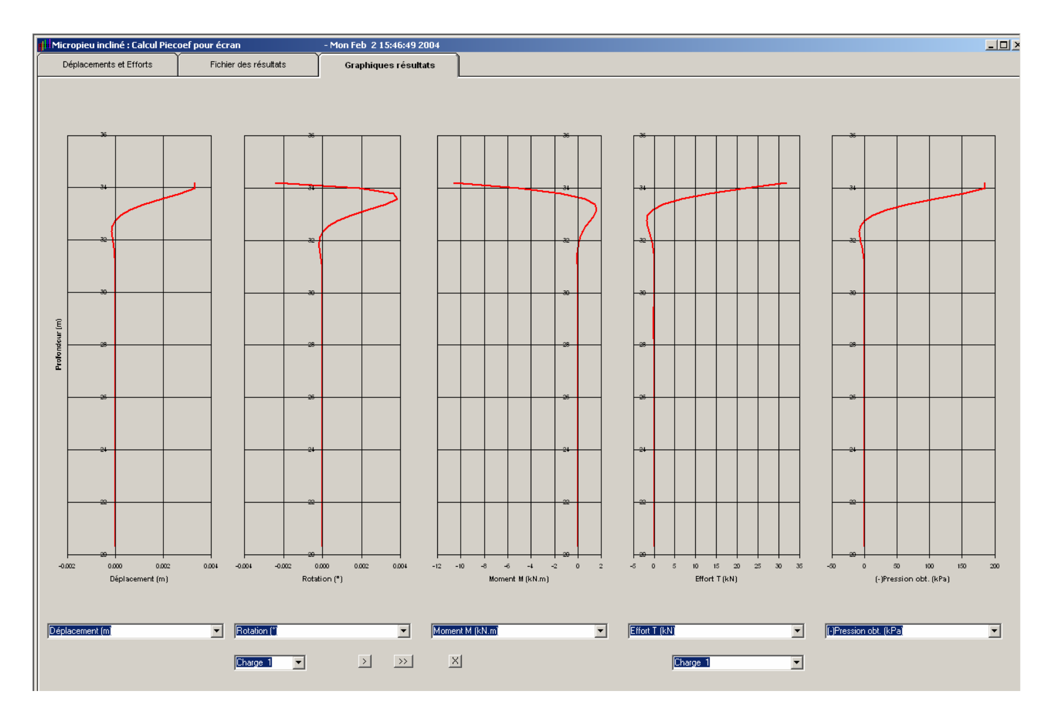


Figure H.76 : Module GROUPIE – Résultats – Graphiques des résultats

Les mêmes manipulations peuvent être réalisées avec le pieu n°1, c'est-à-dire le pieu vertical, mais en choisissant la famille "B" et le fichier "ecran_anti-bruit_b_xx".

H.4. CONSTITUTION DU FICHIER GROUPIE

Le fichier de données doit porter le nom "nomdefichier.gpi". Les paramètres à introduire sont présentés ci-après. Ils doivent être entrés dans l'ordre indiqué.

■ **TITRE** (80 caractères maximum)

■ **ITRAC** Code de définition de détail des sorties : = 0 par défaut
= 1, 2, 3 ou 4 détail croissant

■ **NPIEU ZTOP**

NPIEU : Nombre de pieux du groupe (NPIEU Ω 50)
ZTOP : Cote de référence

Pour chaque pieu i (i = 1, …, NPIEU) saisir les informations suivantes :

Les informations suivantes définissent les caractéristiques de chaque pieu. Elles peuvent être remplacées par des "/", au moins un "/" par ligne, à partir de là où les valeurs à prendre deviennent identiques à celles du pieu qui précède.

■ **XP YP Φ α β KL**

XP, YP : Coordonnées de la tête du pieu
Φ : Diamètre du pieu (sans objet dans le calcul)
α et β : angles définis sur la figure H.1
KL : liaison du pieu à la semelle : = 0 pieu encastré dans la semelle
= 1 pieu articulé dans la semelle

■ μ ρ_1 ρ_2 ρ_3 ρ_4 ρ_5 ρ_6 γ **NTYPE**

μ : Raideur longitudinale
$\rho_{\iota\ (\iota = 1,..,6)}$: Coefficients croisés (valeur absolue)
γ : Raideur relative à la torsion : $\gamma = \frac{G \cdot K}{L}$

avec : G = E/2.(1+ν)
$K = \pi.R^4/2$ pour une section circulaire pleine
$K = b.e^3/3$ pour une section rectangulaire allongée
L : longueur totale du pieu

NTYPE : Code définissant la catégorie du pieu ; permet de regrouper les efforts obtenus en tête de tous les pieux d'une même catégorie. Si on ne souhaite aucun stockage, mettre ce code égal à 0.

■ $\mathbf{T_{XO}}$ $\mathbf{M_{YO}}$ $\mathbf{T_{YO}}$ $\mathbf{M_{XO}}$ $\mathbf{T_{ZO}}$ $\mathbf{M_{ZO}}$

T_{XO}, M_{YO}, T_{YO}, M_{XO}, T_{ZO}, M_{ZO} :
Définissent les efforts à partir d'où la raideur tangente est définie,

■ $\boldsymbol{\delta_{XO}}$ $\boldsymbol{\delta\omega_{YO}}$ $\boldsymbol{\delta_{YO}}$ $\boldsymbol{\delta\omega_{XO}}$ $\boldsymbol{\delta_{ZO}}$ $\boldsymbol{\delta\omega_{ZO}}$

δ_{XO}, $\delta\omega_{YO}$, δ_{YO}, $\delta\omega_{XO}$, δ_{ZO}, $\delta\omega_{ZO}$:
Définissent les déplacements à partir d'où la raideur tangente est définie,

■ $\mathbf{T_X}$ $\mathbf{M_Y}$ $\mathbf{T_Y}$ $\mathbf{M_X}$ $\mathbf{T_Z}$ $\mathbf{M_Z}$

T_X, M_Y, T_Y, M_X, T_Z, M_Z :

Torseur des efforts extérieurs appliqués à la semelle**, exprimé à l'origine du repère (X=0,Y=0).**
Il est possible d'intégrer plusieurs cas de chargement dans un même calcul en répétant autant de fois ces données.